

шт-12904

М. А. ЦАРИЦЫН

48

66

18

ТЕХНИЧЕСКОЕ СТЕКЛО И ЕГО ПРОИЗВОДСТВО

а 29026
ад 87324+

(9)

ГИЗЛЕГПРОМ

12-1002
М. А. ЦАРИЦЫН
Кандидат технических наук

КОНТРОЛЬНЫЙ
ЭКЗЕМПЛЯР

Д Е О

ТЕХНИЧЕСКОЕ СТЕКЛО И ЕГО ПРОИЗВОДСТВО

Под редакцией
доктора технических наук
проф. Г. Ю. ЖУКОВСКОГО



Р

155062

Всеступно-техническая
библиотека

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Москва — 1939 — Ленинград



В настоящей книге освещаются свойства, способы производства и области применения главнейших технических стекол: безопасных, светотехнических, химически и термически устойчивых, строительных и декоративных стекол, а также производство и области применения стеклянной ваты и стеклянного волокна и изделий из них.

Книга написана популярным языком и может быть использована широким кругом читателей.

Редакторы А. А. Сергеевская и З. К. Стерлядкина
Техн. редактор М. Н. Оловникова

Сдано в набор 16/II 1939 г. Подп. к печати 3/VII 1939 г. Бумага 60×92¹/₁₆.
У. а. л. 11,3. Печ. л. 9³/₄. Зн. в печ. л. 47,2 тыс. Гизлегпром № 4111. Индекс С-5.
Заказ № 19223. Тираж 1500. Уполномоченный Главлнта № А-12808.

1-я тип. Трансжелдориздата, Москва, Б. Переяславская, 46.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Грандиозное социалистическое строительство в Советском союзе, естественно, потребовало постановки и развития новых производств в самых разнообразных областях техники. Особенно это должно было коснуться одной из наиболее отсталых в дореволюционное время отраслей промышленности — стекольной. Если раньше можно было довольствоваться только производством стекольных изделий бытового назначения — листовое, посудное и бутылочное стекло, покрывая незначительную потребность в технических стеклах путем импорта, то в настоящее время производство этих стекол приобретает первостепенное значение.

Благодаря исключительным свойствам стекла, его прозрачности, способности в размятченном состоянии приобретать любую форму, его оптическим, механическим свойствам, химической устойчивости и т. п. оно становится незаменимым материалом для развивающейся светотехники, для целей обороны, медицины, высокомоощных двигателей, авиации, химических лабораторий и т. д. Производства большинства этих так называемых технических стекол в Союзе уже налажены, между тем до сих пор ни в иностранной, ни в русской литературе не имеется руководства, в котором описывались бы свойства этих стекол, их назначение и техника производства. Предлагаемая книга имеет целью восполнить этот пробел. К сожалению, ограниченность размера книги не позволила охватить в ней все разнообразие технических стекол, и пришлось остановиться только на главных.

Вся книга разделяется на пять глав. Глава I посвящена описанию так называемых безопасных стекол, т. е. не дающих при разбивании острых осколков. Сюда относится армированное стекло, служащее для остекления зданий, стекла триплекс и секюрит, или сталинит, предназначенные для остекления автомобилей и самолетов.

Глава II касается новых видов светотехнических стекол, а именно „голофанов“, при помощи которых освещаются большие пространства — площади, залы для собраний, аудитории и т. п., осветителей, дающих рассеянный свет, тугоплавких стекол для электроламп, сигнальных стекол для автомобилей, сигнальных стекол для железнодорожной автоблокировки, увио-

левых стекол, пропускающих биологические ультрафиолетовые лучи и служащих для остекления больниц, санаторий, оранжерей и т. п., стекол, пропускающих инфракрасные лучи, при помощи которых можно производить фотографические снимки в темноте и используемых также для военной сигнализации, защитных стекол от ультрафиолетовых и инфракрасных лучей и стекол „дневного света“, позволяющих придавать свету, излучаемому электролампой, характер солнечного света.

Глава III включает в себя описание производства стеклянной ваты, стеклянного волокна и изделий из них, которое за последнее время получило широкое развитие за границей, особенно в США.

Глава IV знакомит с производством строительных и декоративных стекол — кирпичей, плиток, черепицы, стеклобетона, стекло-железобетона, архитектурных деталей и т. д.

Глава V рассматривает различные виды химически стойких стекол для лабораторий, стекла пирекс и ампульное для медицинских целей и дает описание производства термостойких стекол, т. е. способных выносить довольно резкие перепады температур, причем некоторые из них одновременно могут выдерживать значительные давления (клингера и водомерные трубки паровых котлов).

Имея в виду сделать книгу доступной более широкому кругу читателей, автор старался избегать сложных математических формул, характеризующих то или иное свойство стекла, и все же в достаточной степени понятно осветить эту интереснейшую отрасль стекольной техники.

Доктор технических наук профессор *Г. Ю. Жуковский.*

БЕЗОПАСНЫЕ СТЕКЛА

Всякое стекло, обладая рядом ценных свойств, имеет один весьма существенный недостаток — хрупкость. Разбиваясь, оно дает осколки, которые могут быть очень опасны для окружающих, в особенности при авариях на всех видах транспорта. Целый ряд автомобильных катастроф, которые благодаря прочности автомобилей могли бы ограничиться незначительными ранениями пассажиров, осложняется тяжелыми увечьями из-за осколков разбитых при этом стекол.

В целях подыскания безопасных материалов были испытаны некоторые прозрачные материалы, обладающие меньшей хрупкостью, чем стекло. К ним относятся: целлюлоид, целлит, целлофан, органические стекла, слюда и др. Высокая цена широких пластин слюды заставила отказаться от ее применения. Органические материалы (целлюлоид, органические стекла и др.) быстро желтеют на свету, что вызывает потерю прозрачности и портит их внешний вид. К этому крупному недостатку присоединяется еще другой, а именно — малая жесткость. На некоторых из этих материалов образуется скопление испарений, вследствие чего они теряют свою прозрачность; стирание этих налетов также не приводит к благоприятному результату, так как при протирании на мягком материале остаются следы, и его поверхность становится матовой. Большим недостатком органических материалов является также их коробление, что ведет к искажению рассматриваемых через них предметов.

Неудачи с использованием органических материалов заставили снова вернуться к применению стекла. При этом все усилия были направлены к тому, чтобы исключить возможность отлетания от него острых осколков. Эта задача была разрешена в трех направлениях:

1. Путем введения внутрь стеклянного листа металлической сетки. Такое стекло при разбивании растрескивается, но не дает осколков, так как проволока удерживает на себе куски разбитого стекла.

2. Путем склеивания двух листов стекла при помощи прозрачной эластичной пленки (стекло триплекс). При разбивании

такое стекло покрывается сетью трещин, причем осколки прочно удерживаются эластичной пленкой. Лист стекла, покрытый трещинами, сохраняет свою форму.

3. Третий способ состоит в получении стекла, не образующего при разбивании острых осколков, а распадающегося на мелкие кусочки с тупыми углами. Это стекло носит название „секюрит“ или „сталинит“.

АРМИРОВАННОЕ СТЕКЛО

Введение внутрь стекла металлической сетки не повышает его прочности¹. Главное достоинство армированного стекла состоит в том, что при поломке листа такого стекла отдельные кусочки его не разлетаются, и лист остается целым, хотя весь он покрывается многочисленными трещинами. Благодаря этому свойству армированное стекло применяется для остекления крыш, перегородок, дверей, подъемных клеток шахт, подъемников при гаражах и в товарных складах. Кроме того армированное стекло применяется для остекления помещений силовых установок, световых фонарей, музеев и пр. При пожарах под влиянием высокой температуры обыкновенные стекла лопаются, образуя отверстия, что вызывает сквозняки, способствующие усилению огня. При применении армированных стекол этого не происходит, так как у последних благодаря наличию металлической сетки все осколки удерживаются ею, что препятствует образованию отверстий.

До изобретения триплекса армированное стекло применялось для остекления автомобилей.

В 1857 г. Ньютон получил в Англии патент на изготовление армированного стекла. По его способу вначале отпрессовывается один лист стекла, на него накладывается проволоочная сетка, на которую наливается расплавленное стекло и отпрессовывается. Таким образом получается стекло с запрессованной внутрь сеткой².

Методы, получившие практическое применение, были разработаны Франком Шуманом (американский патент 1892 г.) и Аппертом (французский патент 1893 г.). Описание этих методов дано ниже.

В 1929 г. американская фирма „Миссисипи Глас Компани“ запатентовала непрерывный способ производства армированного стекла.

Армированное стекло в разрезе представлено на рис. 1.

Для получения прочного армированного стекла необходимо возможно более полное приплавление друг к другу стекла и металла. Кроме того проволоочная сетка должна быть со всех сторон защищена стеклом от разрушительного действия атмосферных влияний, для чего соединение сетки и стекла должно происходить при температуре не ниже 1000° С. Металл имеет больший коэффициент расширения, чем стекло, и при охлаждении сетка сжимается сильнее стекла, вследствие чего

стекло находится в сжатом состоянии, а проволока сетки — в растянутом.

Толщина и стекла и сетки должна быть так подобрана, чтобы стекло не разрушалось от натяжений, вызываемых сжимающими усилиями проволоки.

Желательно, чтобы коэффициент расширения стекла и металла, из которого изготавливается проволока, был одинаков. Для уменьшения разности в коэффициентах расширения стекла и проволоки в США проволоку покрывали слоем полуды, а во Франции изготавливали ее из стали с 35% никеля. Однако получаемые при этом преимущества не оправдывали производимых затрат.

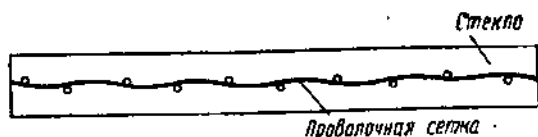


Рис. 1. Разрез армированного стекла

Ячейки металлической сетки могут быть четырех- и шестиугольными. Стекло с шестиугольными сетками дает лучшую видимость, чем с четырехугольными, но последнее более прочно. Очень важно, чтобы проволока не была заржавленной, влажной, жирной и загрязненной, так как в этом случае при вдавливании проволочной ткани в раскаленное стекло образуются грязные серые или желтые пятна либо пузырьки, которые ухудшают качество стекла. Для армированного стекла применяется полотно, изготовленное из проволоки диаметром в 0,5 мм. Пространство между проволоками колеблется от 0,6 до 1 см.

Армированное стекло изготавливается как на литейных столах, так и посредством вальцовочных машин.

Производство армированного стекла на литейных столах¹

В настоящее время применяются два метода изготовления армированного стекла на литейных столах — способ Шумана и способ Анперта, которые отличаются друг от друга способом введения проволочной сетки в лист стекла.

Способ Шумана состоит в следующем.

В свежепрокатанный лист стекла при помощи ребристого вала вдавливается металлическая сетка. Углубления, оставшиеся на листе стекла после ребристого вала, заглаживаются за ним гладильным валом.

Схема машины Шумана изображена на рис. 2.

На стол из ковша наливается расплавленное стекло. Гладкий вал 2 раскатывает стекло в лист 3. За гладким валом следует ребристый вал 4, который вдавливает металлическую сетку 5 в прокатанный лист. После ребристого вала лист имеет вид, показанный на рис. 3.

Открытые канавки *a* заглаживаются гладильным валом 6, после чего верхняя поверхность листа становится гладкой.

Металлическая сетка 5 отрезается от рулона длиной, равной длине прокатываемого листа, и наматывается на валик 7, откуда она подается под ребристый вал вращающимися валиками 8.

При прокатке армированного стекла расстояние между валами поддерживается так называемой вальцовочной тележкой 9

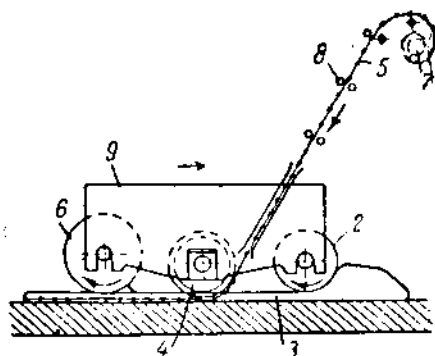


Рис. 2. Схема машины Шумана

(рис. 2), которая состоит из двух связанных между собой чугунных боковых стенок. В каждой стенке имеются два подшипника, которыми она опирается на оси переднего (прокатывающего) и гладильного валов. Ребристый вал расположен в подвижных

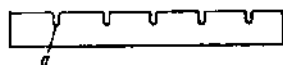


Рис. 3. Лист после прокатки ребристым валом

подшипниках, которые при помощи ручной зубчатой передачи могут передвигаться в вертикальном направлении в прорезях, устроенных в боковых стенках вальцовочной тележки.

Ребристый вал обычно приводится в движение от переднего вала посредством двух зубчатых колес и цепи Галля. Он изго-

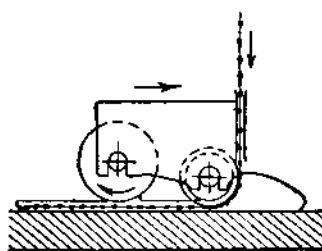


Рис. 4. Схема второй машины Шумана

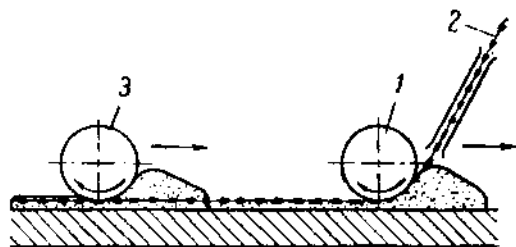


Рис. 5. Схема машины Апперта

товля- тся или из мартеновской стали с мелкими или почти острыми ребрами или из чугуна с более крупными и закругленными ребрами. Как ребристый вал, так и оба других вала снабжены водяным охлаждением. Валы для прокатки приводятся в движение от мотора посредством червячной, цепной или зубчатой передачи, которая в свою очередь приводит в движение всю установку. Для получения различных скоростей прокатки применяется либо электромотор с регулируемым числом оборотов, либо — в редких случаях — промежуточная сменная передача. Скорость прокатки армированного стекла составляет

250—300 мм/сек. Диаметр переднего вала — 300—400 мм, ребристого — 300—350 мм, нажимного — гладильного — 400—500 мм.

На рис. 4 показана схема измененной машины Шумана. В этой машине передний и ребристый валы совмещены в один; передний вал снабжен ребрами, служащими для вдавливания проволоочной сетки. Преимущество этой машины состоит в том, что она позволяет получать тонкие листы.

Прокатанные листы поступают на отжиг, после чего подвергаются резке по определенным размерам.

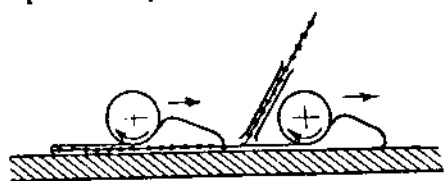


Рис. 6. Приспособление Апперта, переделанное по Швейару, Биверу и Тойнби

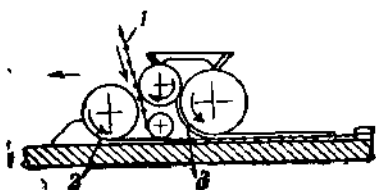


Рис. 7. Приспособление Водсворта

Способ Апперта. На рис. 5 показана схема машины Апперта. Вначале гладким валом 1 прокатывается первая отливка стекла, и одновременно этим же валом на поверхность прокатываемого листа накладывается металлическая сетка 2. Как только передний вал освободил достаточно места, на прокатываемый лист наливается вторая порция стекла, которая прокатывается валом 3.

Этот способ дает очень хорошее стекло, с чистой ровной поверхностью, без искривления сетки, но является более сложным, чем способ Шумана, так как требует двойной отливки стекла.

Как способ Шумана, так и способ Апперта имеют один существенный недостаток — окисление той части поверхности проволоки, которая остается лежать открытой на воздухе до закатывания гладильным валом в способе Шумана и до покрытия вторым слоем стекла — в способе Апперта. Окисленная проволока приобретает черный цвет, проволока же, сразу запаянная в стекло, кажется серебристо-белой. Кроме того в способе Апперта имеется другой недостаток, состоящий в том, что первый прокатанный лист, являясь довольно тонким, перед прокаткой второй порции стекла успевает остыть; таким образом в одном листе получаются два слоя — один горячее другого. Это приводит к возникновению натяжений в готовом листе и увеличению боя.

Усовершенствованием способа Апперта являются приспособления Швейару, Биверу и Тойнби (рис. 6) и приспособление Водсворта (рис. 7). По последнему способу производится одновременная прокатка двух отливок; сетка 1 пропускается между листом 2, прокатанным на столе, и листом 3, прокатанным между вальцами.

Вальцовочные машины для прокатки армированного стекла

Вальцовочные машины для прокатки армированного стекла работают как по способу Шумана, так и по способу Апперта.

На рис. 8 представлена схема вальцовочной машины, работающей по принципу Шумана. Три вала — передний 1, ребристый 2 и гладильный 3 — располагаются над большим валом 4, заменяющим литейный стол. Недостатком этого способа является то, что гладильный вал слабо давит на поверхность листа и плохо заглаживает бороздки, образованные ребристым валом. Поэтому вальцовочные машины Шумана не нашли распространения.

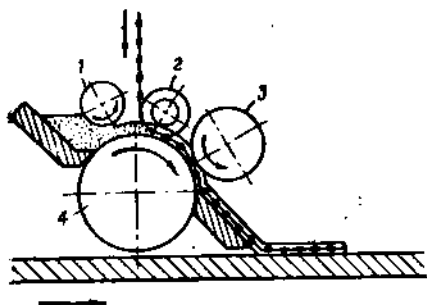


Рис. 8. Схема вальцовочной машины Шумана

На рис. 9 даны схемы вальцовочных машин с разным способом подачи проволоочной сетки. Так же как и на литейном столе, лист прокатывается из двух отливок. Для уменьшения почернения сетки подачу последней приближают к месту закатки ее в стекло (рис. 9, в).

Недостатком машины Апперта является неодновременность отливки двух наборов стекла.

В способе Заруба этот недостаток устраняется тем, что обе отливки прокатываются одновременно, образуя два отдельных

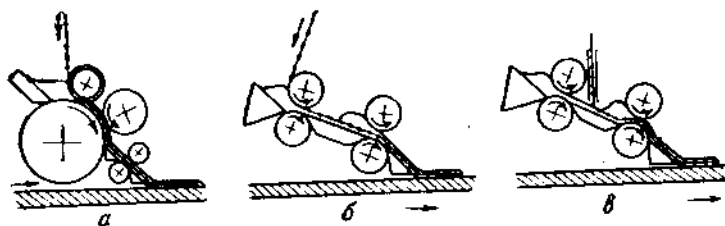


Рис. 9. Схема вальцовочных машин для армированного стекла:
а — Шумана, б — Апперта, в — Швара, Бивера и Тойнби

листа, между которыми закладывается сетка. Далее оба листа соединяются в один прокаткой между двумя вальцами (рис. 10). Однако и этот способ не является совершенным. Поверхности двух листов, между которыми закатывается проволока, довольно сильно охлаждаются вальцами, вследствие чего не происходит полного соприкосновения стекла и проволоки, и между ними образуются воздушные волосные каналы. В эти каналы проникает влага, отчего проволока покрывается ржавчиной. Для устранения указанного недостатка проволоочную сетку

пропускают под один из прокатывающих валов — 1 или 2.

Схема устройства двойных вальцовочных машин показана на рис. 11. При помощи таких машин можно производить орнаментное армированное стекло. Для этого на один из валцов, формирующий наружную поверхность листа, наносится соответствующее рифление или рисунок. Такие машины позволяют прокатывать накладное цветное стекло. В этом случае каждая пара валцов прокатывает стекло разного состава и окраски. Накладные стекла должны иметь одинаковый коэффициент расширения.

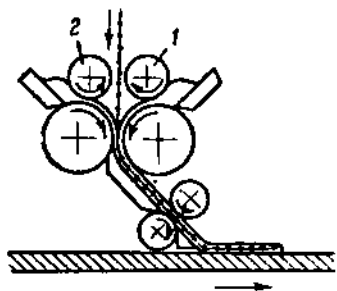


Рис. 10. Машина Заруба двойной вальцовки

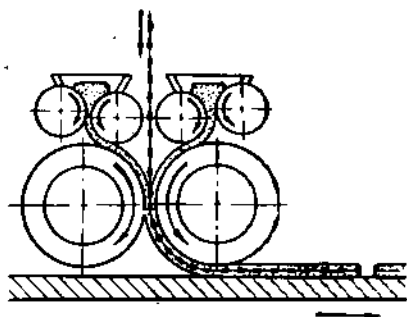


Рис. 11. Двойная вальцовочная машина

Применяя валцы с волнистой поверхностью, можно получить волнистое армированное стекло, обладающее способностью выдерживать большую нагрузку. Такое стекло является хорошим кровельным материалом.

Во все машины описанных типов подача стекла для прокатки производится ковшем, при помощи которого расплавленное стекло зачерпывается из ванны печи или из горшка, переносится к машине и выливается.

Непрерывный способ производства армированного стекла

На заводе „Миссисипи Гласс Компани“ (США, Пенсильвания) армированное стекло производится непрерывной лентой. Варка стекла производится в ванной печи системы Амслер-Мортон. Печь отапливается генераторным газом и производит в сутки 75 т стекломассы. Длина варочного отделения печи — 17 м, ширина — 5,2 м и глубина до протока — 900 мм. Проток начинается на уровне дна и имеет глубину в 300 мм. За протоком печь имеет глубину 1200 мм. Отсюда начинается рабочая часть печи, имеющая наклонное дно, идущее под углом 45°. Продольный разрез печи представлен на рис. 12.

Температуры в ванной печи следующие: в начале печи зона плавления состава — 1325°; в середине печи — 1450°; в конце

варочной части— 1370° ; при выходе из рабочего отделения— 1230° .

Нормальный срок работы печи—18 месяцев.

В конце рабочей части печи имеется специальный сливной порожек, состоящий из восьми фасонных шамотных кирпичей

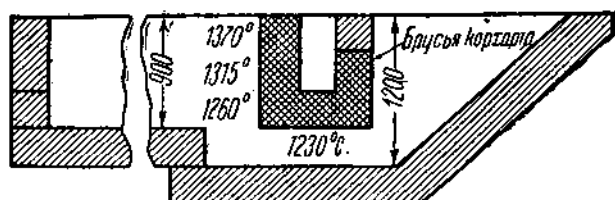


Рис 12. Поперечный разрез печи Амслер-Мортон

мелкозернистой структуры, надетых на хромоникелевый прут и зажатых между хромоникелевыми щечками (рис. 13).

Прокатка листов армированного стекла производится на машине Шмидта (рис. 14а, и 14б), которая имеет два полых вала, охлаждаемых водой, между которыми проходит стекломасса.

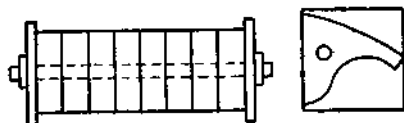
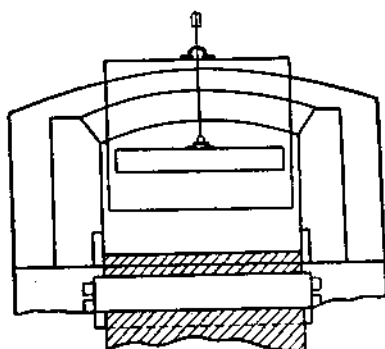


Рис. 13. Сливной порог

Расход воды на охлаждение валов—20—25 л/мин. В стекло, прокатываемое между валами, посредством специального механизма подается проволоочная сетка (к сожалению, способ подачи сетки и заделки сетки в стекло не описан). Пройдя пару валов, стекло приобретает вид ленты, которая затем продвигается по наклонной плите и по роликовому конвейеру подается в отжигательную печь—лер системы Мортон. При входе в отжигательную печь стекло имеет температуру 595° .

Пустотелые вальцы машины, изготовленные из литой малоуглеродистой стали, имеют в диаметре около 300 мм; толщина стенки—65 мм. Вальцы приводятся в движение от мотора-редуктора в 5 л. с. Ширина ленты—1,3—1,4 м. Длина роликов, подающих ленту в лер,—1,5 м. На данной машине можно производить стекло максимальной толщины—в 12—13 мм и минимальной—в 2,5 мм. Толстое гладкое или армированное стекло можно прокатывать со скоростью 1,5—2,5 м/мин; рифленое стекло толщиной в 3 мм—со скоростью от 3,5 до 5,5 м/мин.

Рис. 13. Сливной порог

Отжигательная печь — лер имеет длину в 120 м. Стекло в лере передвигается по валикам. Этот лер совершенно не отапливается. Потери тепла компенсируются теплотой, излучаемой стеклом, поступающим в лер. На расстоянии 30 м в конце лера конвейер открыт. Температура лера контролируется 36 пирометрами. Для охлаждения лера в нижнюю часть его в определенные места поступает холодный воздух, засасываемый специальным эксгаустором.

Валики конвейера приводятся в движение посредством зубчаток и цепи Галля от моторов, приводящих в движение от-

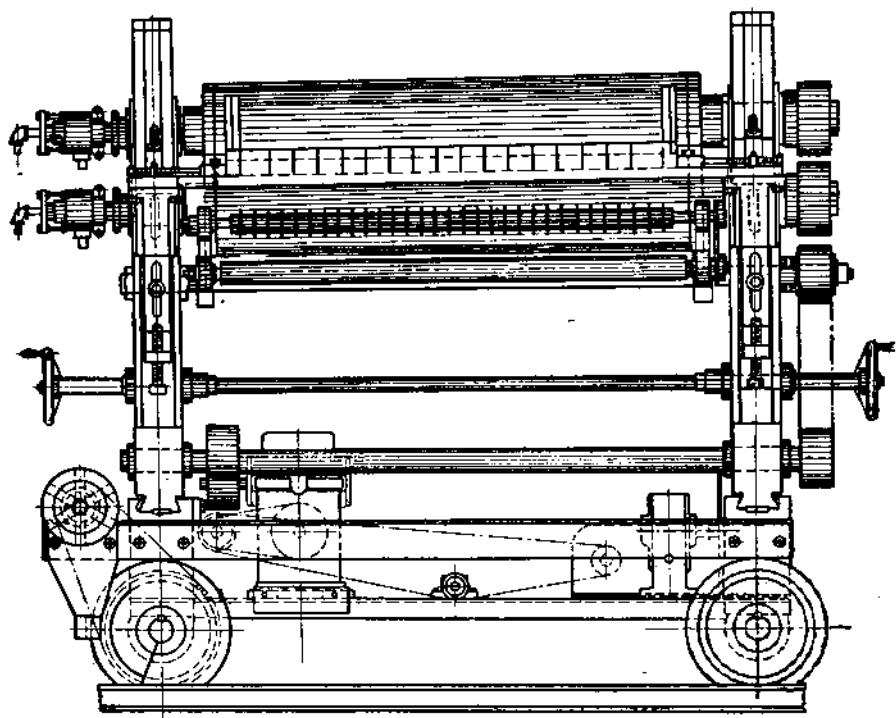


Рис. 14а. Машина Шмидта

дельные секции валиков. Моторы расположены через каждые 30 м.

Отрезка листов производится на ходу ленты.

Для резки стекла применяются стальные ролики диаметром в 5 мм.

Брак и бой производства составляют не более 5%.

На рис. 15 приводятся образцы продукции завода „Миссисипи Гласс Компани“ (из каталога фирмы).

Той же фирмой изготавливается армированное стекло, в котором вместо сетки имеются продольные параллельные ряды проволоч, отстоящих друг от друга на 5 см и более (рис. 16). До

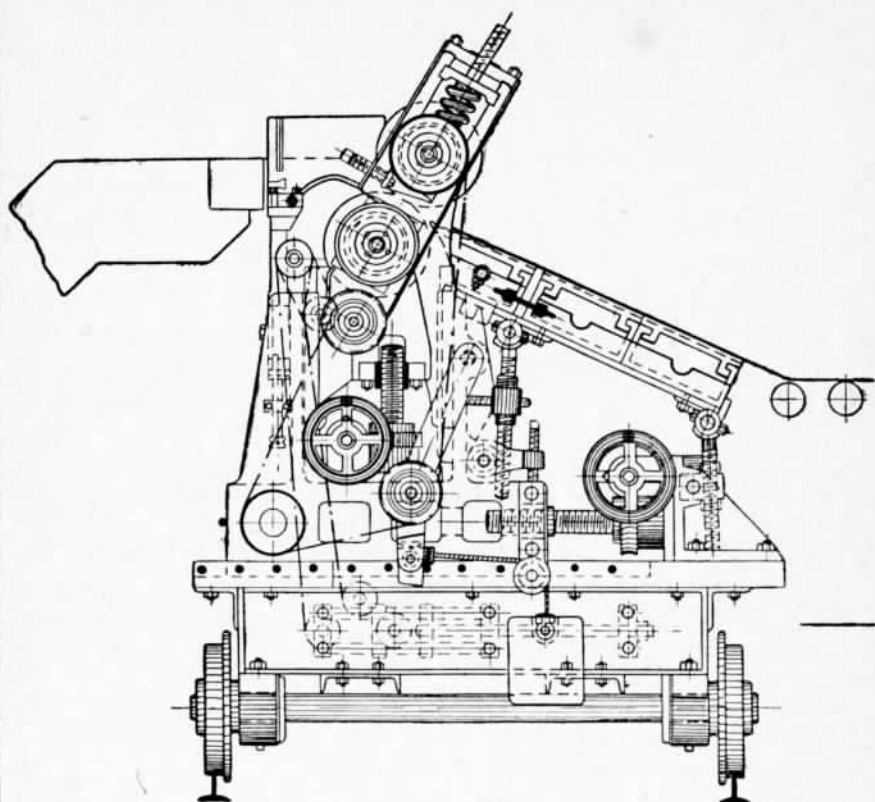


Рис. 146. Машина Шмидта

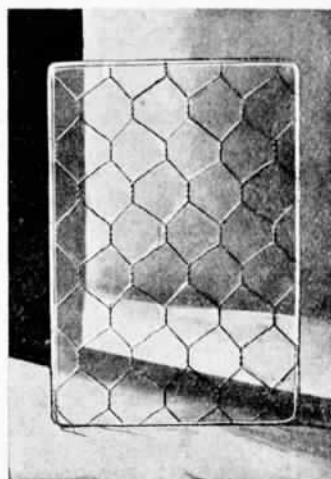
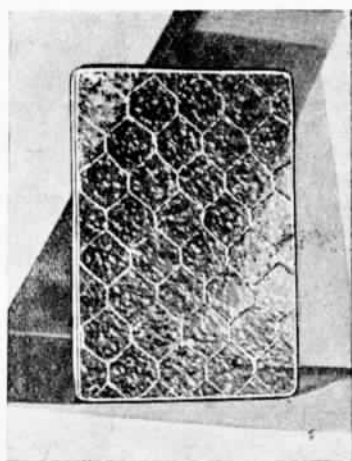


Рис 15. Армированное стекло фирмы „Миссисипи Глас Компани“

изобретения триплекса такое стекло устанавливалось на автомобилях.

В Советском союзе армированное стекло изготавливается на заводе им. Бадаева на машинах Шумана.

Технические условия на армированное стекло

Глветехстекло разработало следующие технические условия на армированное стекло:

1. Поверхность листа армированного стекла может быть с легкой волнистостью, незаметной на расстоянии 1 м, или же для увеличения рассеяния света одна сторона стекла может иметь рифленую волнистую поверхность с шириной волны в 7—8 мм и высотой в 1—1,5 мм.

2. Сетка изготавливается из железной проволоки. Форма ячеек сетки шести- или четырехугольная. Диаметр проволоки—0,45—0,5 мм.

3. Кривизна не должна превышать $\frac{1}{100}$ длины листа.

4. Цвет — допускается слабозеленая и слабоголубая окраска.

5. В составе стекла содержание щелочей не должно превышать 15,5%.

6. Стекло должно хорошо отламываться по линии надреза, сделанного стальным роликом.

7. Допускается неплотное соединение листов стекла с сеткой на расстоянии не более 60 мм от края листа.

Сетка в армированном стекле должна быть расположена не ближе 2 мм от поверхности стекла, а по кромкам — не ближе 1 мм, и должна заполнять всю площадь листа с вышеуказанными допусками.

8. Камень (шамотный и непровар) допускается на 1 м² не более 3 шт. размером не более 2 мм, а по краям, на расстоянии 50 мм от края, — не более 3 шт. размером до 3 мм.

9. В поле листа допускаются мелкие, расположенные кругом проволоки сетки мало заметные пузыри, видимые на расстоянии 1 м, и более крупные в количестве 6 шт.

10. Максимальный размер листа 2000×800 мм $\pm$ 5 мм, толщина листа 7 ± 1 мм.

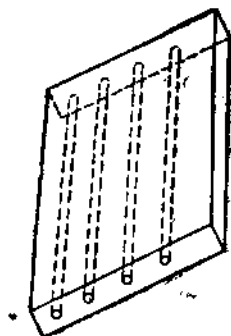


Рис. 16. Армированное стекло с параллельными проволоками

СТЕКЛО ТРИПЛЕКС

В настоящее время стекло триплекс является одним из наиболее распространенных видов безопасного стекла.

Как уже указывалось, триплекс представляет собой систему, состоящую из двух стекол, склеенных прозрачной органической пленкой (рис. 17).

В один комплект могут склеиваться не только два, но и несколько стекол. Такое стекло носит название „мультитриплекс“ или „многослойный триплекс“.

Сцепление стекла с пленкой настолько прочно, что при разрывании склеенных кусков разрыв происходит не по месту склеивания, а по сечению стекла.

Эта способность пленки прочно прикрепляться к стеклу и делает стекло триплекс безопасным. При сильном ударе стекло разбивается на куски, однако промежуточная пленка благодаря своей упругости остается целой, и куски стекла, прикрепленные к ней, не отскакивают. Таким образом лист стекла, сплошь покрытый трещинами, сохраняет свою форму и может быть в таком виде подвергнут изгибу.



Рис. 17. Разрез стекла триплекс

В этом случае происходит только выкрашивание в месте перегиба небольших кусочков стекла или даже стеклянной пыли. При аварии стекло триплекс не дает осколков, поверхность его остается почти гладкой, что предохраняет от несчастных случаев.

В 1905 г. англичанин Вуд предложил склеивать два листа стекла канадским бальзамом с прокладкой между ними листа целлюлоида. Этот способ не нашел практического применения, так как с течением времени бальзам терял свою склеивающую способность и становился хрупким, вследствие чего стекло утрачивало способность не давать осколков при разрушении.

Эдуард Бенедиктус в 1910 г. предложил способ изготовления комбинированного стекла, получивший широкое практическое применение.

По словам самого изобретателя, на мысль о возможности изготовления безосколочных стекол навел его следующий случай. Когда он приводил в порядок свою химическую лабораторию, одна из бутылей упала с высоты потолка на пол. Эта бутылка, вместимостью почти в 1 л, осталась совершенно целой, но вся была покрыта трещинами. Все осколки стекла удерживались пленкой, образовавшейся на внутренней поверхности бутыли вследствие испарения хранившегося в ней раствора нитроцеллюлозы в органической жидкости.

Спустя десять лет Бенедиктус, прочтя в газетах о двух катастрофах с автомобилями, вспомнил свои наблюдения над разбитой бутылкой, занялся ее исследованием и нашел способ изготовления безосколочного стекла. Это стекло, названное им „триплекс“, состояло из трех главных частей: двух тонких полосок стекла, или „полустекол“, которые соединялись путем прессования и приклейки с тонкой пластинкой целлюлоида или аналогичного материала.

Первое стекло триплекс было выработано на основании этих данных при помощи печатного пресса, причем необходимое дав-

ление достигалось посредством гидравлического пресса при давлении в 10 кг/см^2 .

Прессуя стекло в нагретом состоянии, достигли еще более тесного соединения между пластинками стекла и прослойкой. Такое стекло, разбиваясь, не давало больших острых осколков.

Дальнейшие усовершенствования шли в направлении изыскания новых веществ для прослойки и способов ее укрепления между стеклами.

В Советском союзе первые опыты по изготовлению стекла триплекс были начаты в 1929 г., и с 1931 г. производство этого стекла носит заводской характер.

Главными потребителями стекла триплекс являются авто- и авиапромышленность. Несомненно, что стекла триплекс должны найти применение также на железнодорожном и городском транспорте.

Триплекс применяется также для очковых стекол; такие очки необходимы главным образом рабочим, обслуживающим дробильные аппараты, выполняющим обрубочные работы, занятым в горном деле, металлургии и др. Особенно важно применение триплексовых очковых стекол для противогазов, так как стекла триплекс даже при образовании на них трещин служат надежной защитой от газов — от проникания газов предохраняет слой неповрежденного целлюлоида.

Производство стекла триплекс

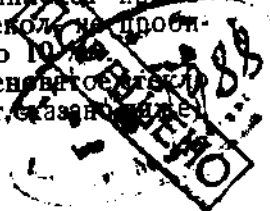
Для производства стекла триплекс требуются листовое стекло определенного качества и материалы, идущие на образование прозрачной склеивающей пленки.

Стекло. Для триплекса применяется стекло высокого качества. Для триплекса, устанавливаемого на автомобилях, применяется стекло, отполированное с обеих сторон или неполированное стекло Фурко I сорта, лишенное таких пороков, как пузырь, камень, свиль, трещинки и царапины. Стекло не должно быть волнистым, так как волна на листе не только дает искажение рассматриваемых через него предметов, но и ведет к образованию трещин при прессовке триплекса в автоклаве. Стекло должно быть хорошо отождено, так как в процессе производства оно подвергается нагреванию и охлаждению; плохо отожденное стекло может при этом треснуть.

В зависимости от назначения толщина стекла для изготовления триплекса колеблется в широких пределах. Так для тонкого многослойного триплекса, предназначенного для остекления самолетов, применяются листы толщиной в 0,65 мм. Этот триплекс состоит из 5 слоев: 3 слоя стекла и 2 слоя целлюлоида; общая толщина, включая автотриплекса, применяется стекло толщиной в 1,8—2,2 мм. Для стекол на пробиваемых пулях, звукозащитных, толщина стекла доходит до 10 мм.

Для триплекса применяется бесцветное и зеленое стекло (о причинах применения зеленого стекла будет сказано ниже).

155062



Промежуточный слой является предметом многочисленных патентов; для его изготовления применяют разнообразные химические вещества. Заграничные фирмы, изготавливающие триплекс, засекречивают состав промежуточного слоя и способ его изготовления.

Промежуточный слой, применяемый для триплекса, можно разделить на три вида: 1) целлюлоидный, 2) ацетилцеллюлозный, и 3) слой из искусственных смол.

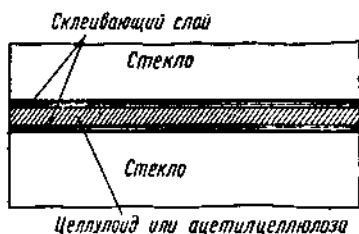


Рис. 18. Слой в стекле триплекс

нанесен слой склеивающего вещества (рис. 18).

Такой комплект подвергается прессовке и нагреванию, причем склеивающее вещество и целлюлоидная или ацетилцеллюлозная прокладка образуют единый прочный слой, плотно прикрепленный к стеклу.

Целлюлоид явился первым материалом, примененным в качестве прокладки для изготовления триплекса по патенту Бенедиктуса. Как материал для промежуточного слоя он обладает весьма ценными свойствами: весьма прочен, эластичен и, что особенно важно для триплекса, не теряет эластичности в течение продолжительного времени. До настоящего времени целлюлоид является лучшим материалом для промежуточного слоя триплекса. Однако ему присущи и весьма серьезные недостатки: под действием света целлюлоид окрашивается в желтый или бурый цвет, что сильно уменьшает его светопропускаемость. Для уменьшения пожелтения для изготовления триплекса стали применять содержащее окислы железа зеленоватое стекло, поглощающее ультрафиолетовые лучи, которые вызывают пожелтение целлюлоида. В 1935 г. большинство американских автомобилей остеклялось триплексом зеленоватого цвета.

Это нежелательное свойство целлюлоида заставило обратиться к другим эластичным материалам, не желтеющим на свету. В США получила распространение ацетилцеллюлоза, изготавливаемая, так же как и целлюлоид, в виде тонких листов. Триплекс, изготовленный с применением ацетилцеллюлозы, не изменял своего цвета. После продолжительного испытания этого триплекса было установлено, что, отличаясь светостойкостью, он теряет в прочности, превращаясь практически в опасное стекло, так как легко разбивается. Поэтому было снова обращено внимание на целлюлоид в смысле повышения

его светостойчивости, главным образом путем улучшения качества и чистоты материалов, служащих для изготовления целлюлоида. Важна не только чистота материалов, но также правильная нитрация целлюлозы, т. е. отсутствие свободной NO , превращающейся под влиянием света в бурую N_2O_4 . В настоящее время триплекс производится как с целлюлоидной, так и с ацетилцеллюлозной прокладкой.

Как уже указывалось, целлюлоид, а в особенности ацетилцеллюлоза со временем теряют эластичность и становятся хрупкими.

Чтобы избежать этого недостатка, была предложена замена твердых целлюлоидной и ацетилцеллюлозной прокладок эластичной прокладкой, которая, находясь между стеклами, не затвердевает и напоминает очень мягкую резину, способную растягиваться и сокращаться. Стекло прочно прилипает к этой пленке и при разбивании не рассыпается и не дает осколков. Такая пленка изготавливается из искусственных смол. Материалом для этих смол служат полимеризованные винилацетат или акриловая кислота. В Германии триплекс, изготовленный с прокладкой из смолы, носит названия: стекла „пека“, „лу-глас“ и „сигла-глас“; в США оно называется „плексит“ и изготавливается фирмой „Америкен Виндоу Гласс Компани“.

Смола не может быть изготовлена в форме листа и наносится на стекло в виде раствора. Два листа стекла, покрытые с одной стороны слоем смолы, складываются, подвергаются прессовке и нагреванию, в результате чего оба слоя смолы сливаются в один.

Производство стекла триплекс с целлюлоидной прокладкой

Способ производства стекла триплекс с целлюлоидной прокладкой, разработанный Институтом им. Карпова и принятый в 1931 г. в качестве промышленного Константиновским заводом, описан инж. Н. И. Амосовым в книге „Безосколочное стекло триплекс“ (Укрлизлегпром, 1933)⁵.

Весь процесс можно разделить на шесть основных этапов: (см. схему производства стекла триплекс):

- 1) подготовка стекла,
- 2) приготовление состава для склеивания,
- 3) подготовка целлюлоида,
- 4) подготовка комплектов к прессовке,
- 5) прессовка триплекса и
- 6) отделка триплекса.

Подготовка стекла. Полированное или первосортное стекло, полученное с машин Фурко, подвергается тщательному осмотру с целью недопущения в производство порочного стекла. Затем стекло разрезается по шаблонам обычным алмазом на столах, обитых сукном. Для удаления грязи, пыли, налетов и пятен стекло промывается слабым раствором соляной кислоты, затем водой с протирающим резиновой губкой и наконец споласкивается чистой водой. Вымытое стекло сушится в токе теплого

воздуха (температура 40—50°) в течение 8—10 мин. Сушка стекла производится обеспыленным воздухом, который для этой цели пропускается через фильтр.

На сухое стекло, лежащее горизонтально, пульверизатором наносится раствор желатины в разбавленной водой уксусной кислоте в смеси с ацетоном. Желатина растворяется в водном растворе уксусной кислоты при слабом нагревании; ацетон прибавляется к этому раствору небольшими порциями при интенсивном размешивании всей смеси. После приготовления смесь фильтруется. Состав наносимого раствора следующий (в весовых процентах):

Желатины высшей очистки . . .	5
Уксусной кислоты ледяной 100%-ной	20
Ацетона	50
Воды дистиллированной	30

На 1 м² стекла расходуется (в граммах):

Желатины	3,9
Уксусной кислоты	15,0
Ацетона	45,0
Воды дистиллированной	22,3

Для удаления растворителей стекло с нанесенным раствором подвергается сушке током обеспыленного воздуха с температурой 40—50°. После этого на стекле остается слой желатины толщиной около 0,001 мм. Полного освобождения желатиновой пленки от воды и уксусной кислоты допускать не следует, так как оптимальная сила сцепления между пленкой и поверхностью стекла достигается при содержании в желатине примерно 15% воды.

На желатиновый слой пульверизацией наносится склеивающий состав, включающий в себя следующие вещества (в весовых процентах):

Целлюлоида	2,26
Смоля-живицы	2,26
Бензола	9,93
Амилацетата	49,00
Ацетона	36,55

На 1 м² пульверизированной поверхности стекла расходуется (в граммах):

Целлюлоида	9,0
Смоля-живицы	9,0
Бензола	3,8
Амилацетата	189,0
Ацетона	150,0

Приготовление склеивающего состава состоит в растворении целлюлоида в амилацетате при температуре 40°. При растворении необходимо энергичное размешивание, так как в противном случае целлюлоид образует на дне сосуда студнеобразную массу. Другие компоненты состава прибавляются также при размешивании. После приготовления раствор фильтруется.

Следующей операцией является удаление растворителей из склеивающего состава, что достигается пропусканием над стеклом с нанесенным раствором тока теплого обеспыленного воздуха с температурой 40—50° в течение 10—12 мин. Подготовленное таким образом стекло может быть склеено с целлюлоидом.

Подготовка целлюлоида. Для триплекса отбираются листы прозрачного целлюлоида толщиной в 0,45 мм. Целлюлоид не должен иметь пятен, царапин, отверстий и посторонних включений.

Из листа целлюлоида по шаблону вырезаются форматы, соответствующие стеклу, но размер целлюлоида должен быть на 3—5 мм больше размера стекла. Это делается для того, чтобы при случайных сдвигах между стеклами не осталось места, не заполненного целлюлоидом.

Целлюлоид состоит из нитроцеллюлозы и камфоры. При лежании камфора частично улетучивается. Для восстановления пластических свойств целлюлоида производят обогащение поверхности нарезанного целлюлоида камфорой путем его обработки раствором, состоящим из следующих веществ (в весовых процентах):

Камфоры	7,9
Спирта-ректификата	76,78
Ацетона	15,32

Лист целлюлоида смачивается раствором с обеих сторон при помощи пульверизатора. Затем производится сушка в токе беспыльного теплого воздуха с температурой 40—50°. Цель сушки — удалить растворители, которые при обработке в автоклаве могут дать пузыри.

Подготовка к прессовке. Два подготовленных стекла и один подготовленный лист целлюлоида складываются в один комплект. Для этого на одно стекло, обращенное подготовленной стороной кверху, накладывается лист целлюлоида, на который накладывается второй лист стекла обработанной стороной вниз. При складывании проверяется совпадение контуров стекла. Собранные пачки помещаются внутрь резинового мешка (рис. 19), открытого с одной стороны. После загрузки пачки открытая сторона резинового мешка герметически закрывается специальным зажимом, и производится удаление воздуха из резинового мешка. Для этого мешок соединяется при помощи трубки с вакуумнасосом. Требуемая степень вакуума — 15 мм рт. ст. При этих условиях внешнее атмосферное давление настолько сильно прижимает листы внутри мешка один к дру-

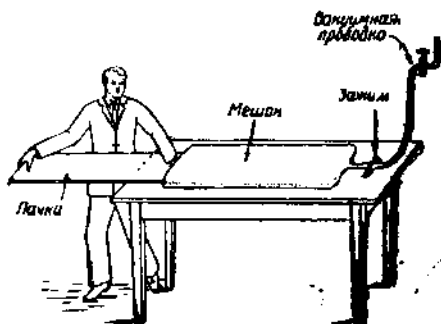


Рис. 19. Закладка триплекса в резиновые мешки

тому, что мешок может быть перенесен в любом положении без опасности перемещения листов. Вакуумом достигается удаление воздуха, находящегося между листами, чем устраняется возможность образования воздушных пузырей внутри триплекса при его прессовке в автоклаве. Мешки подвешиваются на специальную раму-тележку при помощи крючков и подаются в автоклав, схематическое устройство которого показано на рис. 20.

Прессовка. После плотного закрепления крышки автоклава производится удаление воздуха, оставшегося в автоклаве, путем

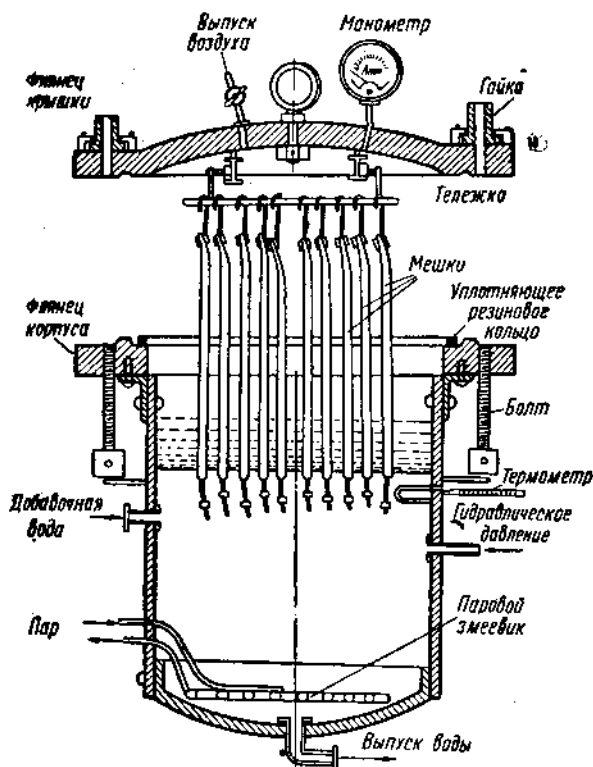


Рис. 20. Автоклав

открывания крана в высшей точке крышки и подачи воды снизу автоклава. Давление в автоклаве доводится до 8 атм. и поддерживается в течение 5 мин. Одновременно поднимается температура до $95-100^{\circ}$ путем впуска в змеевик, находящийся в автоклаве, пара. Затем давление доводится до 16 атм. и выдерживается в течение 10 мин. После этого давление снижается и производится спуск воды с одновременным открытием воздушного клапана. Спуск воды производится до уровня ниже края корпуса автоклава. Режим процесса прессовки указан на рис. 21.

Затем производится съем крышки и извлечение мешков из автоклава. Мешки, охлажденные на воздухе в течение 10 мин., снимаются с крючков и разгружаются. Полученный триплекс подвергается осмотру. В зависимости от качества часть листов бракуется, часть идет на вторичную прессовку, а триплекс хорошего качества направляется на отделку.

Отделка. Отделка триплекса состоит в шлифовке края и нанесении в торец листа смолистого защитного слоя, предохраняющего промежуточный слой от действия влаги, которая вызывает расклеивание триплекса.

Шлифовка края производится на чугунных шайбах песком. В случае надобности производится полировка края.

Перед нанесением смолистого вещества производится удаление промежуточного слоя на глубину 1—1,5 мм (с торца листа), которое выполняется или при помощи раскаленного до красного каления железного диска, вводимого между стеклами, или же погружением края листа триплекса в концентрированную серную кислоту, которая выжигает органическую прокладку (желатину и целлюлоид) на глубину 1,5—2 мм (в течение 0,5—1 часа).

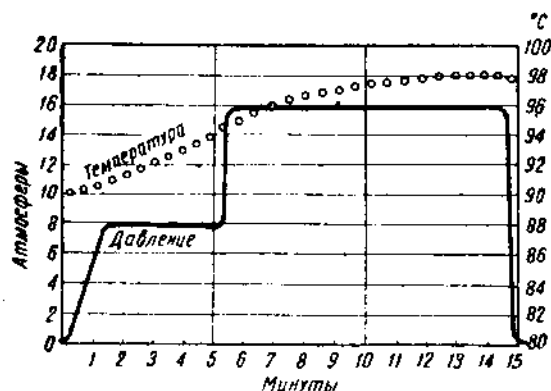


Рис. 21. Режим прессовки стекла триплекс

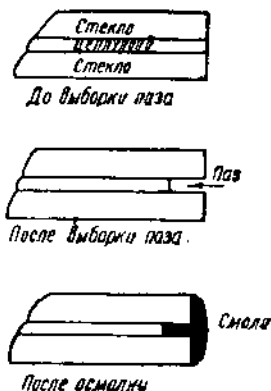


Рис. 22. Обработка края стекла триплекс

В образовавшийся между стеклами промежуток вводится смола или водоупорный лак. Нанесение смолы или лака производится при помощи диска, который, входя в паз между стеклами, вводит туда смолу или лак. Эта операция производится также обмазкой вручную. Последовательность операций указана на рис. 22.

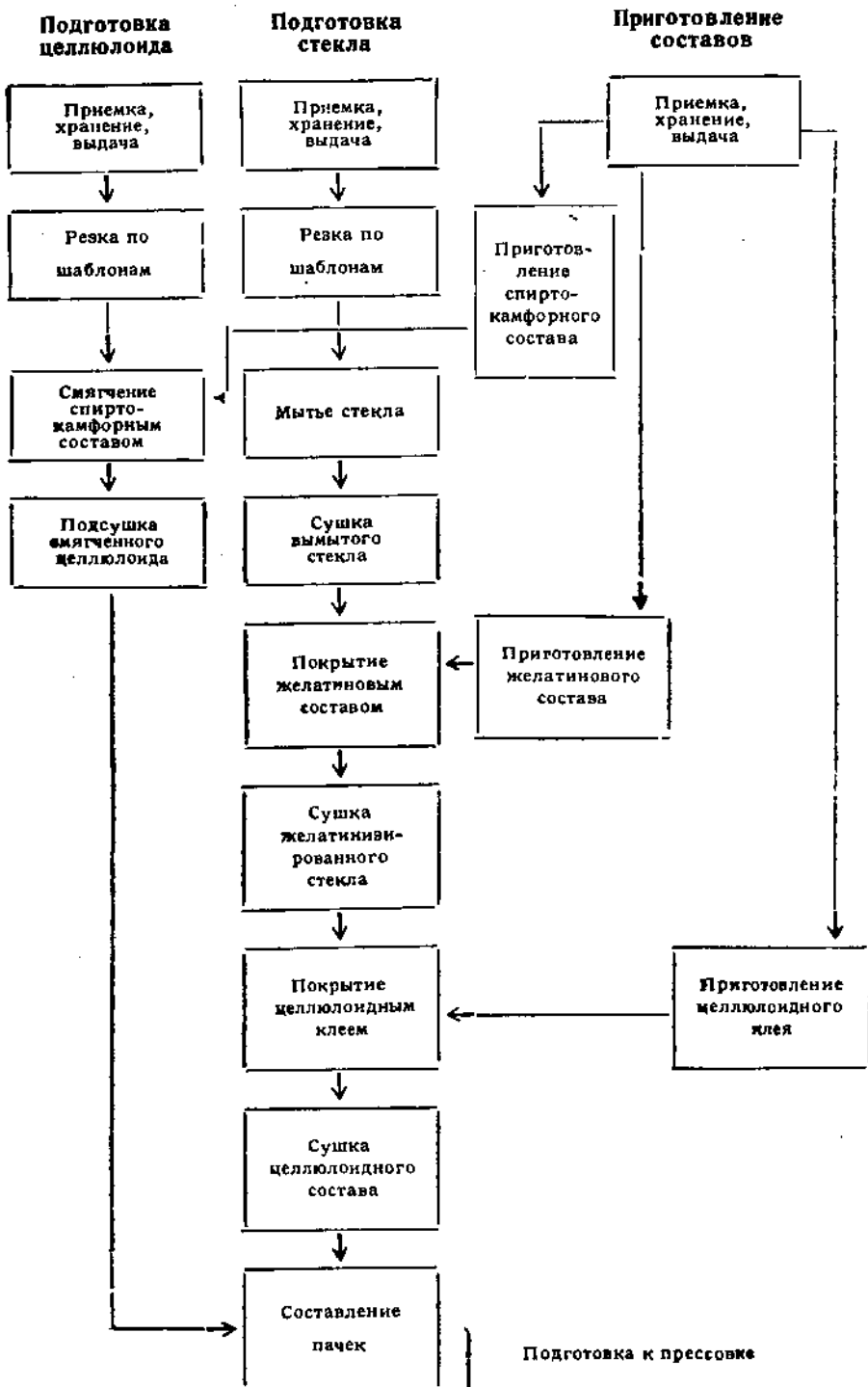
Этой операцией заканчивается производство триплекса.

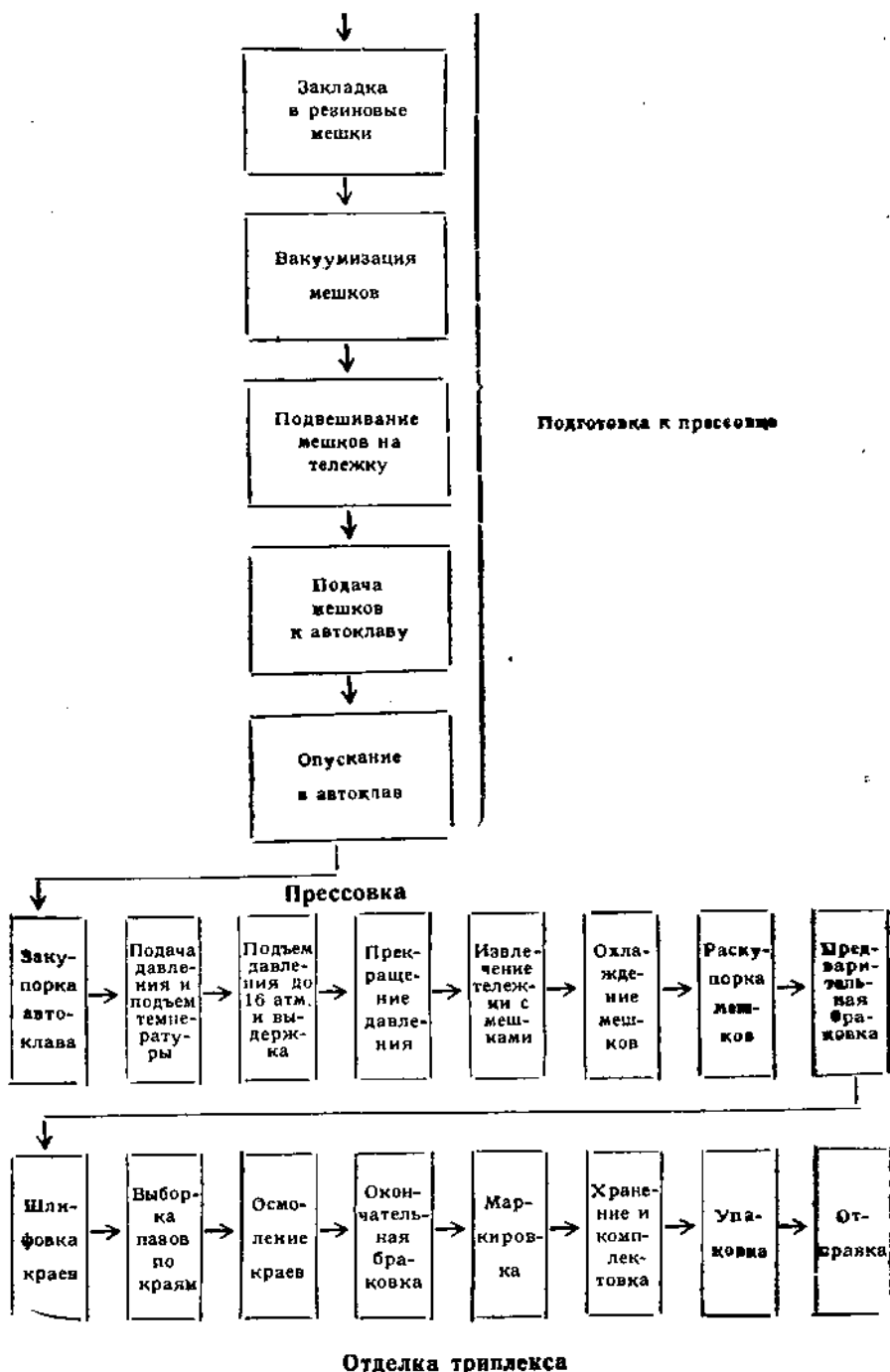
Производство стекла триплекс с ацетилцеллюлозной прокладкой

Процесс производства стекла триплекс с ацетилцеллюлозной прокладкой отличается от процесса производства триплекса с целлюлоидной прокладкой только в отношении материалов, применяемых для промежуточного слоя.

Однако производство этого стекла на заводе Форда представляет интерес со стороны его механизации⁶.

На заводе Форда стекло для изготовления триплекса вырабатывается из ванн печи путем прокатки его на вальцовочной машине. Машина прокатывает непрерывный лист стекла шириной в 1,175 м со скоростью 4,15 м/мин. Одна такая система производит 100 т листового стекла в сутки. Прокатанное стекло отжигается, затем шлифуется и полируется на конвейере.





По выходе из шлифовальных и полировальных машин листы стекла направляются в моечный отдел, где помещаются на конвейер, на котором подаются в моечную машину. Гипс, крокус и всякая грязь удаляются с поверхности стекла струей раствора кислоты: затем стекло смывается и проходит ряд отжимных валов, после чего выходит из моечной машины. Моечная машина закрыта кожухом, который не пропускает наружу растворов кислот, применяемых для промывки.

По выходе из моечной машины стекло просматривают, чтобы установить возможное присутствие раковин, царапин и тому

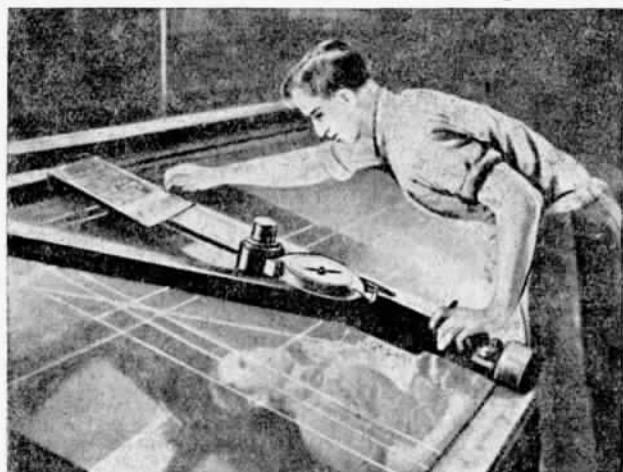


Рис. 23. Приспособление системы Форда для резки стекла

подобных дефектов поверхности. Для этого под стеклом помещается ряд лампочек, дающих достаточное освещение, чтобы можно было обнаружить дефекты на листах стекла. По мере обнаружения дефекты отмечаются, с тем чтобы резчики могли легко разрезать большие листы стекла на размеры, нужные для остекления автомобиля.

Из этого конвейера листы стекла, движущиеся на резиновой ленте, подаются в отдел резки. Резка больших листов на необходимые размеры производится быстро при помощи особого непрерывно действующего приспособления системы Форда, изображенного на рис. 23. Это приспособление состоит из треугольной рамы, снабженной роликами с фланцами. Ролики поддерживают раму и позволяют передвигать ее вдоль конвейера, по которому передвигается стекло. На раме установлен циферблатный индикатор, стрелка которого указывает пройденное рамой расстояние по отношению к непрерывно движущемуся листу. Стрелку на циферблате можно, нажав кнопку, моментально вернуть в исходное положение.

Для резки листов в поперечном направлении рама закрепляется так, чтобы она двигалась вместе с листом. Держа резец в правой руке, рабочий наносит царапину по стеклу, после чего стрелка циферблата переводится на нуль, левой же рукой рабочий открепляет раму от движущегося листа. Далее рабочий передвигает раму, пока стрелка на циферблате не укажет ту длину, на которую должно быть нарезано стекло. В этот момент приспособление вновь закрепляется и начинает двигаться вместе с листом, — теперь вновь можно произвести отрезку.

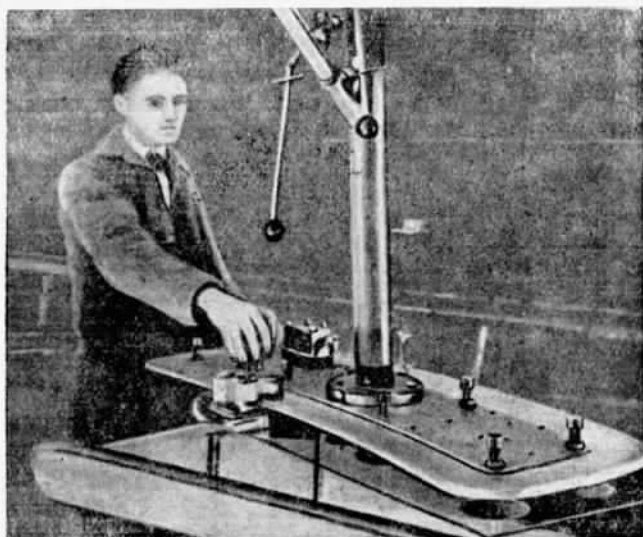


Рис. 24. Резка стекла по шаблонам на [заводе Форда

За рабочим, производящим отрезку, следует другой рабочий, который отламывает стекло, снимает его с конвейера и помещает на одну из рамок непрерывно движущегося верхнего конвейера.

Для резки стекла по шаблонам сконструирована специальная машина (рис. 24) с вращающимся шаблоном, что устраняет необходимость передвижения рабочего вокруг шаблона.

Подвижной резец укреплен в эксцентриковом бегунке, прикрепленном к вращающемуся шаблону. Сверху режущего инструмента приделана рукоятка, при помощи которой резец опускается до соприкосновения со стеклом. Резец прикреплен к электромагнитному приспособлению, которое обеспечивает равномерной и постоянной силы нажим на стекло. Нижняя поверхность алюминиевой плиты, на которой укреплен шаблон, имеет ряд вакуумных присосов, которые во время резки придерживают стекло в нужном положении. Приспособление режет стекло по всему периметру листа. Для подрезки углов приме-

няется ручной алмаз. При снятии листа вакуум в присосах выключается. Обрезанный лист помещается на одну из рамок конвейера, который доставляет его в цех триплекса.

Имеется тип более механизированной резальной машины. Шаблон у таких машин неподвижен, а вокруг него автоматически движется режущее приспособление. Стекло укладывается на вращающийся стол, автоматически устанавливающийся в трех разных положениях, под углом 120° . При первом положении стола рабочий помещает на машину необрезанное стекло, стол поворачивается на 120° и подводит лист в необходимое положение под шаблоном, после чего режущее приспособление тотчас же опускается на стекло и автоматически обводится вокруг шаблона. Автоматические выключатели пускают в ход и останавливают резец. По окончании обрезки стол поворачивается еще на 120° и подводит лист стекла в третье положение. В этот момент второй рабочий подрезает углы листа ручным алмазом, отламывает обрезки и помещает готовый лист на рамки верхнего конвейера; обрезки стекла падают в прилегающий к машине жолоб. Стекланный бой, также по конвейеру, направляется в составную.

Из резного цеха стекло по конвейеру направляется в цех триплекса, где поступает на автоматическую моечную машину. Здесь оно обрызгивается водой и чистится круглыми щетками. Оставшуюся на стекле воду удаляют резиновые отжимные валы. Стекло вновь осматривается и, если окажется вполне чистым, вводится в камеру для цементации. Представление о конструкции моечной машины дает рис. 25.

По литературным данным, на заводе Форда стекло после мойки сушится нагретым воздухом, тогда как в описании процесса в журнале „Гласс Индустри“ эта операция не упоминается.

В камере цементации на одну сторону листов pulverизацией наносится слой склеивающего вещества (состав не указывается), затем стекло проходит между двумя резиновыми валиками, верхний из которых снимает лишний слой клея и распределяет его равномерно по листу. После этого в сушильной печи из склеивающего слоя удаляется растворитель, обладающий низкой точкой кипения. Из сушильной печи стекло вынимается и пропускается по открытому конвейеру, где рабочий накладывает на поверхность стекла, покрытую склеивающим слоем, пластический лист ацетатцеллюлозы, толщина которого равна 0,625 мм. Другой рабочий накладывает на лист ацетата другой лист стекла такого же формата стороной, покрытой склеивающим веществом. Таким образом получается комплект, состоящий из двух листов стекла и одного листа ацетата.

Проходя дальше по конвейеру, комплекты пропускаются через вальцовочный пресс, где стекло и лист ацетата крепко склеиваются и могут обрабатываться дальше нераздельно.

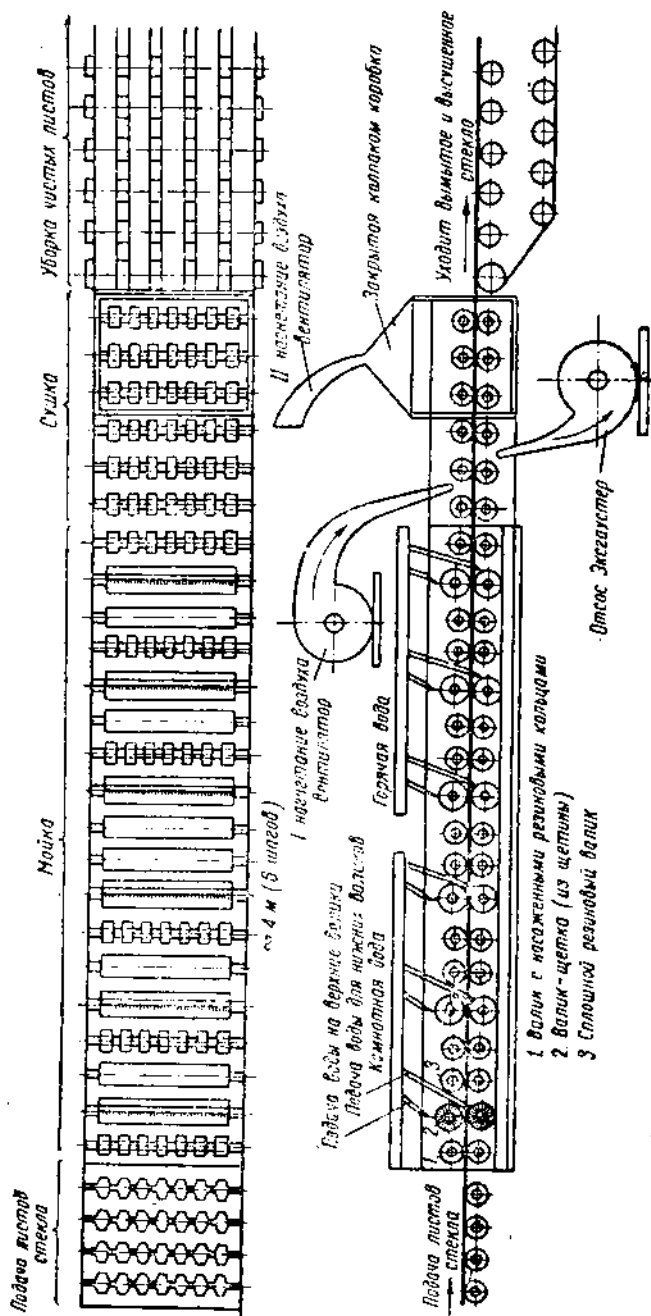


Рис. 25. Схема моечной машины

Склеенные листы помещаются в восьмиугольные ящики из нержавеющей стали; в каждом ящике помещается 500—600 листов, в зависимости от их размеров. Стекла отделяются друг от друга свинцовыми полосками, надеваемыми на их края. Три ящика скрепляются друг с другом и краном переносятся в автоклав, представляющий собой цилиндрический стальной сосуд, выдерживающий высокое давление. Сверху он закрывается тяжелой, плотно завинчивающейся крышкой. В автоклаве листы подвергаются действию высоких температур и гидростатического давления,

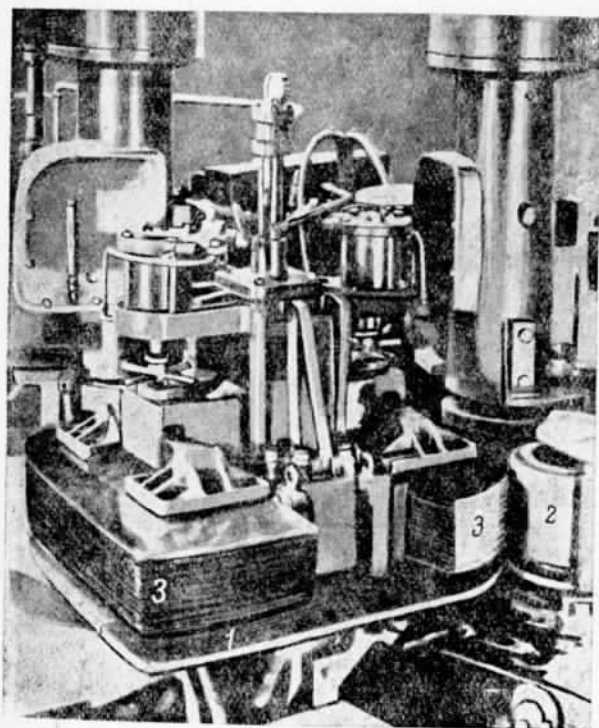


Рис. 26. Машина для шлифовки края стекла триплекс

для чего применяется раствор диэтиленового гликоля и карбитоля. Начальная температура раствора — $79,4^{\circ}\text{C}$. Затем давление в автоклаве повышается до 16 кг/см^2 , а температура — до $148,9^{\circ}$. Листы выдерживаются при этой температуре и давлении в течение 3 мин., после чего раствор охлаждается до $79,4^{\circ}$, и давление прекращается. По выходе из автоклава склеивание листов уже закончено.

Шлифовка острых и несколько неровных краев стекла триплекс производится на станке непрерывного действия (рис. 26). Стекло шлифуется с трех краев.

Для обработки на этом станке стопка стекол триплекс зажимается в тиски на небольшом соседнем столике, после чего тиски со стеклами поднимаются и подводятся к станку. Тиски со стеклом опускаются на медленно вращающийся стол 1 шлифовального станка, где края листов входят в соприкосновение со шлифовальным диском 2 диаметром около 200 мм и высотой, несколько превышающей высоту стопки 3 зажатых в тиски листов. Шлифовальный диск насажен на подвижную ось и может передвигаться в горизонтальной плоскости соответственно очертаниям листов стекла. Диск вращается электромотором со скоростью 800 об/мин. Контакт его с краями листов

поддерживается при помощи контргруза, прикрепленного к подвижной оси. Путь движения шлифовального диска контролируется эксцентриком, сидящим на вращающемся столе, на котором помещены тиски с листами стекла. Все листы выходят из машины совершенно одинаковыми по размерам и форме, чего нельзя достигнуть при ручной шлифовке.

Стол делает примерно один оборот в течение 5 мин. Когда стол сделает $\frac{3}{4}$ оборота, листы отшлифовываются с трех сторон и их можно снять с машины. Съем готовых листов и укладка на их место новой стопки неотшлифованных листов производятся без останова станка. После шлифовки на машине листы имеют острые края и углы, которые округляются рабочим в несколько секунд на движущейся наждачной ленте.

Следующей операцией являются снятие с края листа триплекса небольшого слоя пластической прокладки и заполнение образовавшегося желобка каким-либо непроницаемым для воды материалом. Эта выемка делается на глубину 3 мм при помощи раствора концентрированной серной кислоты, в которую добавляется 2% азотной кислоты. В растворе листы триплекса остаются 10—15 мин., в зависимости от концентрации раствора. Когда концентрация снизится до 70% от первоначальной концентрации, раствор заменяется свежим. После этой операции стекло промывается и сушится.

Последняя операция состоит в обмазке краев листа для защиты от влаги. Лист триплекса направляется в обмазочную машину, внутри которой он автоматически проходит по конвейеру, поворачиваясь так, что постепенно обмазывается каждый край его. Затем производится промывка, сушка и осмотр стекла.

Существуют машины для ручной обмазки. Рабочий проводит краем листа по поверхности медленно вращающегося диска, который вталкивает мягкий, похожий на замазку материал в бороздку, образовавшуюся после того, как раствор кислоты удалил ацетат по краям склеенного листа. После этой операции триплекс готов для установки на автомашину.

Производство стекла триплекс с невысыхающей прослойкой (плексит)

Стекло триплекс с невысыхающей прослойкой производится в разных странах под разными названиями. В Германии фирмой Плетце производится стекло, называемое „пекаглас“.

Процесс производства этого стекла состоит в следующем. Стекло толщиной в 2—2,4 мм, вырабатываемое на машинах Фурко, расставляется в гнезда двухэтажных стеллажей; затем оно идет в канал моечно-сушильной машины, где промывается и сушится воздухом, нагнетаемым вентилятором. Из общей длины машины в 10 м на моечную часть приходится 2,5 м и на сушильную часть—7,5 м.

Высушенное стекло снимается руками и перекладывается на короткий роликовый конвейер, по которому от руки подво-

дится к разбрызгивающему аппарату для покрытия слоем веществ, образующих эластичный промежуточный слой. В качестве материала для эластичного слоя служат: винилацетат и диэтилфталат (пластификатор) и этилацетат (растворитель). Указанные вещества смешиваются в мешалке с лопастями, и, после того как состав готов, он подается в бачок, расположенный над разбрызгивающим аппаратом. Последний представляет собой полый цилиндр длиной около 1 м и диаметром около 15 см, усеянный спиральным рядом отверстий. Цилиндр расположен в подшипниках параллельно движущемуся по конвейеру листу стекла. Состав подается в разбрызгивающий аппарат под давлением азота.

Стекло, покрытое жидким слоем, направляется в сушильный канал — конвейер, в котором производится сушка при температуре 40—45°. Сушильный канал обогревается горячей водой. В канале вентилятором создается слабый вакуум. Пары растворителя этилацетата подаются указанным вентилятором в конденсационные цилиндры. Таким образом удается регенерировать до 70% растворителя. После предварительной сушки в канале стекло с нанесенным слоем сушится в вакуум-котлах, куда листы подаются на вагонетках, имеющих 20—25 полок.

В котлах создается вакуум около 300 мм; температура сушки 50—60°. Котлы представляют собой цилиндры с двумя открывающимися стенками, тщательно изолированные. В них производится окончательное удаление растворителя.

Листы, вышедшие из вакуум-котлов, складываются попарно, слой к слою, причем перед склеиванием слой, покрывающий стекла, смачивается небольшим количеством жидкого растворителя. После склеивания толщина эластичного слоя равна 1,25—1,5 мм.

Затем сложенные стекла поступают на вакуум-пресс, где прессуются под давлением 5—6 атм. и вакуумом (300 мм вод. ст.). Стекла прессуются не стопками, а каждое в отдельности; от прессующих поверхностей они отделяются прокладками из бумаги. После прессовки стекло поступает в вакуум-котел и затем на резку по шаблонам. Алмазом по шаблону надрезается один лист, затем точно против первого надреза делается надрез на другом листе; после отламывания промежуточная пленка отрезается ножом. Осмолка края не производится.

Американская фирма „Виндоу Гласс Компани“ вырабатывает триплекс с невысыхающей эластичной прокладкой, стекло триплекс с этой прокладкой носит название „плексит“. Слой прокладки подобно резине растягивается и сжимается; он прозрачен и остается таковым после интенсивного облучения ультрафиолетовыми лучами и нагревания. По данным фирмы, такое стекло, находясь семь лет на крыше здания, не претерпело никаких изменений⁷.

В качестве сырых материалов для промежуточного слоя плексита служат: полимеры акриловой кислоты и других веществ, пластификатор, состав которого не указывается, и этилендихлорид (растворитель).

Смесь всех материалов, взятых в определенных соотношениях, загружается в котлы, в которых нагревается до 60° в течение часа. Нагревание производится под вакуумом при помешивании. Полученная масса охлаждается до комнатной температуры холодной водой, циркулирующей в рубашке котла. После этого масса пропускается через сито и направляется для поливки стекла.

Стекло перед нанесением на него промежуточного слоя покрывается специальным очистителем, состав которого не указывается, затем поступает в моечную машину, где очиститель смывается со стекла обрызгиванием чистой водой с температурой 82° . Сушка стекла производится резиновыми роликами, которые сгоняют со стекла приставшую воду. После осмотра стекло направляется на поливку.

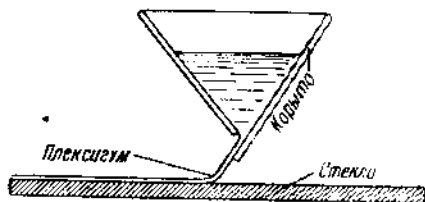


Рис. 27. Корыто для нанесения „плексигума“ на стекло

Поливка нанесение промежуточного слоя — производится на конвейере, движущемся со скоростью от 0,5 до 3,75 м/мин. Скоростью конвейера регулируется толщина наносимого слоя. Масса для промежуточного слоя, называемая „плексигум“, наносится на стекло при помощи корыта, в нижней части которого имеется щель, через которую плексигум вытекает непрерывной лентой (рис. 27). Толщина слоя колеблется в пределах от 0,38 до 1,2 мм.

Для удаления из плексигума растворителя стекло направляется в туннельную печь длиной в 78,9 м и шириной в 1,2 м. Печь обогревается электротокком. В ней имеется 250 обогревающих элементов. Стекло передвигается в печи на конвейере, проходит ее в течение 35—50 мин. и покидает печь с температурой до 104° .

После осмотра стекло с нанесенным слоем пропускается под горизонтальной трубкой, из которой через отверстия льется маслообразная жидкость, смачивающая нанесенный на стекло слой. Цель смачивания — улучшить склеивание. Затем два листа, покрытые слоем плексигума, складываются вместе (слой к слою) и прессуются между резиновыми валиками. Степень нажима валиков регулируется сжатым воздухом. Прессовка резиновыми валиками преследует две цели: 1) удалить излишек жидкости, нанесенной на пленку, и 2) соединить в один два органических слоя, нанесенных на два листа стекла.

В отличие от целлюлоидного и ацетилцеллюлозного триплекса плексит прессуется не при нагревании, а при охлаждении. Прессовка плексита производится в стальной горизонтальной цилиндрической камере, внутри которой имеется вторая камера длиной в 3,6 м. Концы внутренней камеры закрываются перфорированными (дырчатыми) дверками. Крышка большого цилиндра

плотно закрывается, и в него нагнетается воздух под давлением 3,6—5,5 кг/см².

Листы в камере помещаются на двух тележках. Чтобы холодный воздух хорошо омывал обе поверхности листа, между листами прокладывается деревянная прокладка. Для усиленного охлаждения листов внутри камеры при помощи особого устройства создается усиленная циркуляция воздуха.

После прессовки плексит поступает на чистку, шлифовку края и мойку, которая производится на конвейере мыльным раствором при помощи щеток.

Фасонные стекла для автомобилей вырезаются из готовых листов плексита. Для этого делают алмазом надрезы на одном листе (по требуемому шаблону), затем точно против первого надреза делается на другой стороне второй, и наконец после отламывания стекла бритвой разрезается пленка. Существует машина, которая делает надрезы сразу с обеих сторон листа.

Плексигум нечувствителен к воздействию воды и прочно прикрепляется к поверхности стекла, поэтому края листов не осмолняются.

Плексит для самолетов изготавливается двух типов. Первый состоит из двух слоев стекла и одного слоя плексигума. Общая толщина этого стекла — около 3 мм. Второй тип стекла состоит из девяти слоев: двух листов стекла толщиной в 1,75 мм, трех листов стекла толщиной в 0,82 мм и четырех слоев плексигума. Общая толщина стекла — 9 мм.

Производство стекла триплекс, не пробиваемого пулями

Склеенные многослойные стекла применяются как защитные от пуль. Ударяясь о такое стекло, пуля разрушает его, но вся энергия пули затрачивается на это разрушение, и пуля или застревает в стекле, не пробивая одного-двух последних слоев или же пробивает стекло насквозь и падает недалеко от него. Толщина стекла и количество слоев зависят от ожидаемой силы удара пули⁸.

Так для обезвреживания пули маузера требуется стекло толщиной приблизительно в 16 мм, составленное следующим образом:

	В мм		В мм
Стекло	1,5	Стекло	6,0
Прокладка	0,5	Прокладка	0,5
Стекло	7,0	Стекло	1,5
Прокладка	0,5		

Для защиты от пули карабина оправдали себя стекла следующей конструкции:

	В мм		В мм
Стекло	1,5	Стекло	1,5
Прокладка	0,5	Прокладка	0,5
Стекло	8,0	Стекло	4,0
Прокладка	0,5	Прокладка	0,5

	В мм		В мм
Стекло	8,0	Стекло	4,0
Прокладка	0,5	Прокладка	0,5
Стекло	1,5	Стекло	4,0
		Прокладка	0,5
		Стекло	4,0
		Прокладка	0,5
		Стекло	1,5

Производство таких стекол освещено в литературе чрезвычайно слабо. Можно полагать, что в принципе оно не отличается от производства стекла триплекс.

Свойства стекла триплекс

Стекло триплекс должно удовлетворять, согласно проекту стандарта, следующим свойствам:

1. Толщина стекла: нормального — $5,0 \pm 0,5$ мм, утолщенного — $6,0 \pm 0,5$ мм. Другие толщины изготавливаются только по специальному заданию.

2. Все детали в отношении линейных размеров должны изготавливаться согласно чертежам заказчика.

3. Стекло должно быть прозрачным. Прозрачность стекла характеризуется его светопропускаемостью, которая должна быть не менее 75%.

4. Стекло может иметь прогиб (кривизну) в 5 мм для стекол длиной более 1 м и 3 мм — для стекол длиной менее 1 м.

5. В стекле допускается волнистость (полосность), которая не должна давать искажения предметов при рассматривании их через него под углом в 25°.

6. Кромка стекла должна иметь сплошную заливку.

7. Заливка (окантовка) должна быть влагуостойчивой и термоустойчивой.

8. Влагуостойчивость: стекло должно выдерживать действие на него воды с температурой 20—22° С в течение 48 час. без расклейки, после чего не должно происходить видимых изменений по кромкам.

9. Термоустойчивость: стекло должно выдерживать действие температуры +60° С в течение 48 час., после чего на стекле не должно наблюдаться отслаивания, изменения цвета или прозрачности и появления пузырей. Мастика окантовки не должна вытекать. При нормальной температуре мастика должна быть твердой и не прилипать к рукам.

10. Светоустойчивость: стекло должно выдерживать облучение его кварцевой лампой типа АРК-2 в течение 24 час. при температуре 20—25° С, после чего не должно быть заметно изменения цвета стекла и понижения пропускаемости ниже 75%.

11. Сопротивление удару: при ударе в стекло свободно падающего металлического шара весом в 800 г с высоты 1 м оно должно распадаться на куски, а лишь давать сеть концентрических и радиальных трещин.

Вдоль этих трещин допускается образование радужных отливов (расклейка и внутренние заколы стекла) шириной до 0,9 мм. Осколки могут быть только в месте удара, причем количество их не должно превышать 0,3% от веса испытуемого стекла.

Испытанию подвергается пластинка стекла размером 250×250 мм, свободно лежащая по периметру на подставке, покрытой резиной; ширина кромки стекла, лежащей на резине, равна 10—15 мм.

СТЕКЛО СТАЛИНИТ (СЕКЮРИТ)

По внешнему виду сталинит ничем не отличается от обычного стекла и получается из последнего путем специальной термической обработки — закалки, которая сообщает стеклу ряд цен-

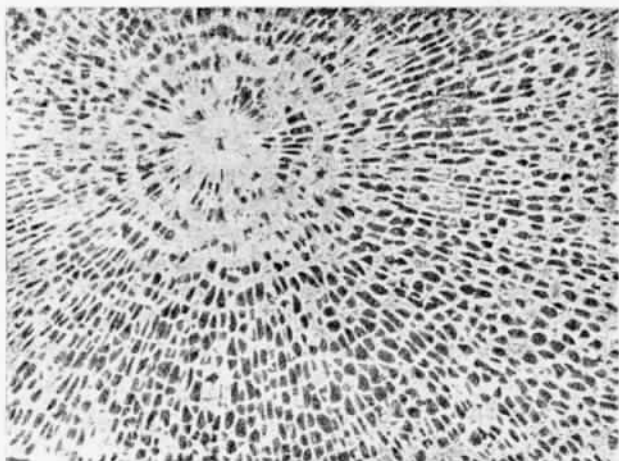


Рис. 28. Вид разбитого стекла сталинит

ных свойств. Сталинит обладает прочностью, во много раз превышающей прочность незакаленного стекла, и очень высокой термической устойчивостью. Ветровое автомобильное стекло, положенное на двух опорах, выдерживает тяжесть двух человек, тогда как такого же состава и размера незакаленное стекло не выдерживает тяжести ребенка. Под нагрузкой лист сталинита сильно прогибается и после снятия нагрузки тотчас же выпрямляется. Сталинит обладает большой прочностью на удар. Для разрушения сталинита толщиной в 5—6 мм необходимо падение на него стального шара весом в 950 г с высоты 2 м, в то время как для разрушения незакаленного стекла достаточно падения такого шара с высоты 30 см.

Сталинит можно бросать на твердое тело без опасности его разбивания. При особенно сильном ударе это стекло разрушается, распадаясь на множество мелких осколков (рис. 28), которые не имеют острых режущих краев. Последнее делает стекло сталинит безопасным при разбивании. За свою большую

механическую прочность закаленное стекло получило название небьющегося.

Высокая механическая прочность и способность распадаться на безопасные осколки делают стекло сталинит пригодным для остекления автомобилей и других средств передвижения.

Процесс закалки стекла и свойства закаленного стекла

Вначале полагали, что процесс закалки (нагревание до размягчения и быстрое охлаждение) стекла сходен с закалкой стали, при которой происходит уплотнение поверхностных слоев металла, что повышает его механическую прочность и эластичность. Исследование закаленных стекол показало, что в поверхностных слоях стекла увеличения твердости не наблюдается. Закаленное стекло приобретает особые свойства вследствие образования в нем внутренних натяжений.

Незакаленное стекло весьма хрупко и слабо сопротивляется механическим воздействиям. Ограниченная механическая прочность выражается в слабом сопротивлении растяжению — в пределах $300—600 \text{ кг/см}^2$. Наравне с этим стеклу свойственно высокое сопротивление на сжатие — примерно 9000 кг/см^2 , и в этом отношении оно стоит выше стали. Однако это свойство по существу не используется, так как стекло работает главным образом на изгиб.

Закалка позволяет исправить этот недостаток стекла путем создания в нем внутренних натяжений, которые увеличивают прочность стекла на изгиб.

Стекло, находясь в размягченном состоянии, свободно от натяжений. При затвердевании стекла в зависимости от скорости его охлаждения можно получить стекло без натяжений или со слабыми и сильными натяжениями.

Без натяжений получают только оптические стекла, которые отжигаются в течение нескольких недель. В обычных стеклянных изделиях в короткий промежуток отжига не удается удалить всех натяжений, возникающих при охлаждении стекла.

При получении закаленного стекла задача состоит в создании в нем равномерно распределенных натяжений.

Таким образом отжиг и закалка — как будто два совершенно противоположных процесса: при одном из них стекло медленно охлаждают, чтобы избежать образования натяжений, при другом (закалка) стекло охлаждают быстро с целью создания в нем сильных натяжений. В действительности же технический отжиг, в результате которого получается стекло с малыми натяжениями, и закалка, создающая в стекле сильные натяжения, являются родственными процессами, суть которых лежит в скорости охлаждения стекла.

Разница между отожженным стеклом с небольшими натяжениями и закаленным состоит в том, что первое является устойчивой системой, в то время как второе представляет собой

неустойчивую систему наподобие батавской слезки. В отожженном стекле оставшиеся натяжения могут быть распределены неравномерно по изделию, в закаленном же стекле равномерность распределения натяжения является необходимым условием. Неравномерность натяжения может повести к самопроизвольному разрушению закаленного изделия или ослабить его прочность.

Следует подробнее остановиться на процессе закалки стекла. Если взять лист стекла (рис. 29), нагретый до точки размягчения, то в таком состоянии стекло совершенно однородно и в нем нет никаких натяжений. При закалке происходит интен-

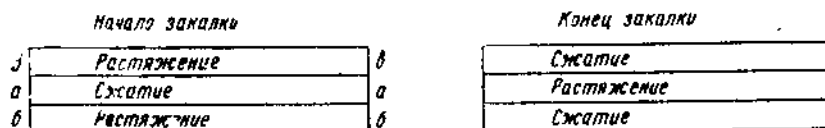


Рис. 29. Распределение натяжений в стекле при закалке

сивное охлаждение наружных слоев стекла (вв и бб). При этом они сжимаются и затвердевают. В то же время внутренний слой стекла аа вследствие плохой теплопроводности стекла находится еще в размягченном, пластическом состоянии. Наружные слои, сжимаясь, сжимают и внутренний слой, который препятствует этому сжатию и растягивает наружные слои. Таким образом в первый период закалки наружные слои находятся в растянутом состоянии, а внутренний — в сжатом. Если вести охлаждение чрезвычайно интенсивно, то сила растяжения, действующая в наружных слоях, может превысить прочность стекла на разрыв, и оно растрескается.

При дальнейшем охлаждении внутренний слой также начинает сжиматься, но к этому времени наружные слои уже затвердели и препятствуют сокращению внутреннего слоя. Тогда последний начинает сжимать наружные слои: при этом наступает такой момент, когда натяжения в наружных слоях снижаются до нуля (так как первоначальное растяжение компенсируется сжатием). В это время температура внутреннего слоя значительно выше, чем у наружных слоев^{9,10}.

При дальнейшем охлаждении внутренний слой сжимается сильнее, чем наружный; вследствие этого в первом возникают растягивающие усилия, а во втором — сжимающие. Эти натяжения не должны превышать прочности стекла на разрыв и на сжатие; в противном случае стекло растрескивается.

Таким образом в закаленном стекле имеются три слоя: два сжатых (наружные слои) и один растянутый (внутренний).

На границе между сжатыми и растянутым слоями лежат слои бб и вв (рис. 30), в которых натяжения отсутствуют, так как усилия сжатия и растяжения взаимно уничтожают друг

друга. Слои, лежащие в непосредственной близости к нейтральным слоям, будут испытывать слабые натяжения (сжатия или растяжения, в зависимости от того, в каком слое они располагаются). Натяжение в точке 1, лежащей в нейтральном слое, равно нулю. От точки 1 к точке 3 натяжения увеличиваются. Если подсчитать натяжения в каждой точке по высоте слоя 1—3 и величину этих натяжений отложить в известном масштабе, то получится кривая 1—6. Натяжение в точке 4 определяется длиной линии 4—5. Наибольшая сила сжатия наблюдается на поверхности листа, в точках 3 и 7, а наибольшая сила растяжения — в центре листа, в точке 9.

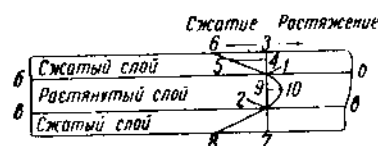


Рис. 30. Распределение натяжений в закаленном стекле



Рис. 31. Лист стекла при изгибе

Закаленное стекло в форме круглого стержня обладает наибольшей прочностью, если сила растяжения во внутреннем слое составляет половину прочности стекла на разрыв. Прочность отожженного стекла на разрыв составляет около 900 кг/см^2 , следовательно натяжение во внутреннем слое не должно превышать 450 кг/см^2 ¹¹.

Натяжения в наружном слое в несколько раз больше, чем во внутреннем слое. Прочность закаленных стекол на изгиб доходит до 2900 кг/см^2 . Отнеся 900 кг/см^2 за счет прочности незакаленного стекла на изгиб, на сжатие наружных слоев от закалки приходится 2000 кг/см^2 . Таким образом закалка, усиливая прочность наружных слоев, ослабляет внутренние.

Рассмотрим поведение стекла при изгибе. Лист закаленного стекла лежит на двух опорах (рис. 31). Под действием силы F стекло прогибается и занимает положение, указанное пунктиром. Изгиб вызывает сжатие верхнего слоя стекла aa' и растяжение нижнего bb' . Следовательно к сжимающим усилиям, существующим в верхнем слое стекла, прибавится сжимающее усилие от изгиба.

В нижнем слое bb' растягивающие усилия, вызываемые изгибом, будут частично или полностью компенсироваться сжимающими усилиями, действующими в закаленном стекле.

На рис. 32 показано графически распределение натяжений. Максимальная сила сжатия, вызываемая изгибом и действующая на поверхности стекла $a - a'$ (рис. 31), графически выражается длиной отрезка 1—2 (рис. 32, а). Максимальное усилие растяжения, действующее на другой поверхности $b - b'$ (рис. 31), в определенном масштабе выражается длиной отрезка 3—4

(рис. 32, а), который равен отрезку 1—2. Центральный слой 5—6 изгибаемого листа не испытывает натяжений. Натяжения сжатия и растяжения по толщине стекла, например в точках 7 и 9, определяются длиной отрезков 7—8 и 9—10. Натяжения сжатия и растяжения уменьшаются в направлении от поверхности к центру, и в центре листа на линии 5—6 они равны нулю.

Складывая натяжения, вызываемые изгибом (рис. 32, а), и натяжения, действующие в закаленном стекле (рис. 32, б), получим суммарную кривую распределения натяжений (рис. 32, в). В растянутом слое максимальное усилие действует не на поверхности стекла, а на некотором расстоянии от нее, в точке 1 (рис. 32, в).

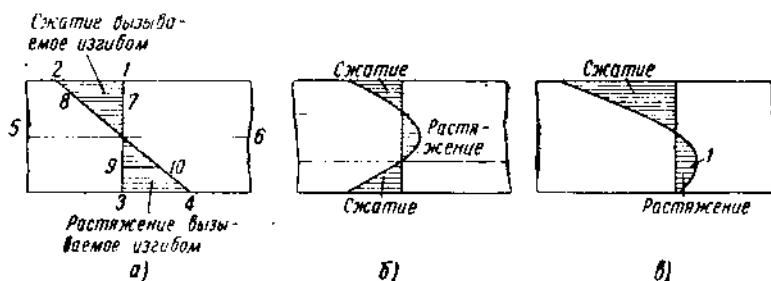


Рис. 32. Распределение натяжений:

а — в стекле под действием изгиба, б — в закаленном стекле,
 в — в закаленном стекле при изгибе

Предположим, что после закалки в наружных слоях закаленного стекла действуют сжимающие усилия в 1000 кг/см^2 . Изгиб вызывает сжатие верхнего слоя с силой 1100 кг/см^2 и растяжение нижнего также с силой 1100 кг/см^2 ; тогда верхний слой подвергается сжатию $1000 + 1100 = 2100 \text{ кг/см}^2$. Стекло выдерживает на сжатие до 9000 кг/см^2 ; следовательно нагрузка в 2100 кг/см^2 для него не опасна.

В нижнем слое будет действовать растягивающее усилие, равное $1100 - 1000 = 100 \text{ кг/см}^2$. Стекло имеет прочность на растяжение до 900 кг/см^2 ; следовательно изгибающее усилие в 1100 кг/см^2 не опасно для закаленного стекла.

Если такой силы изгибающее усилие приложить к незакаленному стеклу, то сила растяжения в нижнем слое будет равна 1100 кг/см^2 и разрушит стекло.

Приведенный пример объясняет механическую прочность закаленного стекла.

Закаленное стекло сталинит обладает большой термической устойчивостью. Положив стекло сталинит на лед, на него можно лить расплавленный свинец, не вызывая растрескивания.

* В действительности максимальные натяжения в нижнем слое лежат не на поверхности, а на некотором расстоянии от нее (рис. 32, в).

Действие сил в этом случае подобно действию сил при изгибе. Под влиянием нагревания стекло будет расширяться, что вызовет появление растягивающих усилий. Сторона, лежащая на льду, будет подвергаться сжимающим усилиям; следовательно этот случай вполне аналогичен изгибу. Отсюда становится ясной высокая термическая устойчивость сталинита.

Если закаленное стекло будет снова нагрето до точки размягчения и затем медленно охлаждено — отождено, то оно потеряет свойства закаленного стекла и вновь станет обычным стеклом.

Производство стекла сталинит (секюрит)

Процесс получения стекла сталинит состоит в равномерном нагревании стекла до температуры, несколько превышающей точку его размягчения, и быстром равномерном охлаждении.

Действия специальной обработки стекла, сообщающие ему особые свойства, были известны давно (батавские слезки и болонские склянки).

Батавские слезки, полученные путем выливания стекломассы в холодную воду, являются типом ультразакаленных стекол. Никакие удары, как бы сильны они ни были, не могут разбить головку слезки, но достаточно небольшого усилия, чтобы отломить ее кончик, как происходит распадение, взрыв всей слезки с образованием множества мелких, как песчинки, осколков. Батавские слезки не имеют никакого практического значения, но их свойства натолкнули исследователей на мысль о возможности получения закаленного стекла, обладающего большой механической прочностью.

Было сделано много попыток, чтобы применить закалку в промышленности. Первые патенты де-ла-Басти и Пипера относятся к 1873 — 1878 гг.

Способ Басти заключается в закалке готовых, по возможности равномерно разогретых до красного каления стекол путем погружения их в масляную баню с температурой минимум 300° для толстых стекол и 100 — 200° — для тонких. Пипером вместо масляных бань с успехом применялся водяной пар.

В 1877 г. был взят патент Сименсом. По этому способу лист стекла помещался на огнеупорной плите, разогревался до размягчения и затем быстро переносился на установку для охлаждения. Последняя представляла собой род пресса, состоящего из двух металлических пластин с водяным охлаждением внутри, между которыми закаливался лист. Во время размягчения и закалки лист стекла соприкасался с твердыми телами, вследствие чего он утрачивал свою гладкость и прозрачность, и после этих операций стекло вновь приходилось полировать. Последующая шлифовка и полировка значительно понижали сопротивление стекла на изгиб, так как при этой обработке снимались поверхностные слои, обладающие наибольшим натяжением сжатия.

При этом способе трудно добиться равномерного охлаждения листа; обыкновенно нижняя поверхность охлаждалась раньше остальных частей стекла; также трудно было обеспечить равномерное соприкосновение стекла с охлаждающими пластинами.

Несмотря на ценные свойства закаленного стекла, оно не было широко использовано, так как представлялось затруднительным получить стекло достаточно безопасное: большей частью это являлось делом случая. Нередко закаленные стекла трескались без видимой причины. Лишь в последнее время удалось найти условия охлаждения, позволяющие сообщать стеклу достаточно постоянные требуемые качества.

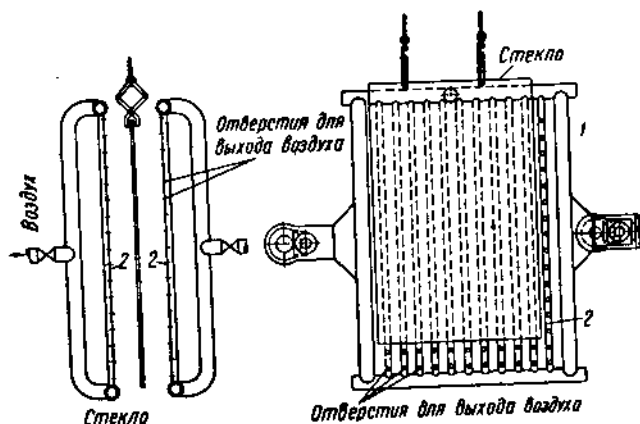


Рис. 33. Схема трубчатого обдувочного устройства

Первый патент, по которому было поставлено широкое промышленное изготовление закаленного стекла, был взят французской фирмой „Сан-Гобен“.

По новому методу лист стекла подвешивается вертикально при помощи двух зажимов, касающихся поверхности стекла лишь в незначительной его части. В таком положении стекло разогревается выше температуры размягчения, после чего очень быстро помещается в раму, снабженную соплами, и подвергается закалке посредством сильных струй воздуха, выходящих из сопел.

Обдувочные устройства являются предметом многочисленных патентов.

Райс¹⁰ указывает две конструкции обдувочных устройств. Одно из устройств представляет собой раму 1 (рис. 33), сделанную из труб, в которую впаяны промежуточные трубы 2 с отверстиями. Второе обдувочное устройство состоит из двух ящиков, одна из стенок которых пронизана многочисленными отверстиями, через которые воздух направляется на лист закаляемого стекла (рис. 34).

Для равномерности охлаждения обдувочные устройства приводятся в движение с таким расчетом, чтобы воздух, выходя-

ший из сопла, обдувал не одну точку поверхности стекла, а и ту часть поверхности, которая находится между соплами или отверстиями обдувочного устройства. Путь движения сопел показан на рис. 35.

Английский патент № 28551¹³ предлагает следующее устройство для закалки стекла (рис. 36).

Печь 1 и укрепленное на ней обдувочное устройство 2, приводимое во вращение эксцентриками 3, поднимаются и опускаются с помощью штока 4 гидравлического цилиндра. Стекло 5 подвешено на монорельсовой тележке 6. Перенос стекла из печи в обдувку и погружение в печь производятся перемещением печи в вертикальном направлении.

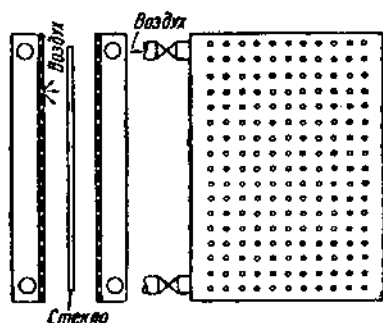


Рис. 34. Схема ящичного обдувочного устройства

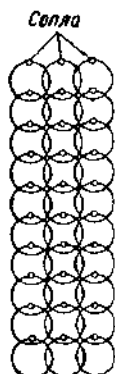


Рис. 35. Путь сопла при движении обдувки

Английский патент № 20244¹³ предлагает производить закалку при помощи мелко распыленной воды. Распыление воды производится специальными форсунками.

Второй способ состоит в конденсации пара, поступающего в специальную камеру по трубке 1 (рис. 37). В камере пар охлаждается воздухом, подводимым по трубке 2. Образовавшийся водяной туман направляется форсунками через отверстия 3 на лист стекла.

Организация производства закаленного стекла в Союзе относится к 1932 г.

На опытной установке Горьковского завода производство сталинита происходило следующим образом¹⁴.

Специальным приспособлением стекло в подвешенном состоянии опускается в муфель 4 (рис. 38) и после разогрева быстро вынимается. Стекло подвешивается на клещах 1, концы которых заканчиваются нихромовой проволокой. Таким образом создается минимальная поверхность соприкосновения металла со стеклом. Поверхность стекла в точках подвешивания предварительно просверливается для того, чтобы стекло не соскользнуло.

• Время разогрева стекла зависит как от температуры и тепло-содержания муфеля, так и от размеров стекла; для стекол $350 \times 250 \times 5$ мм оно равняется 3,5—4 мин. для стекол $1060 \times 330 \times 5$ — 7—8 мин. Распределение температур в муфеле в моменты опускания стекла и спустя 2 мин. после опускания представлено на рис. 39. Из кривых распределения температур видно, что наиболее высокая температура держится в середине муфеля. При опускании холодного стекла температура в середине муфеля начинает падать, и через 2 мин. наступает равновесие.

Разогретое в муфеле стекло быстро (в течение 1—1½ сек.) вынимается и поступает для охлаждения в пространство между

двумя обдувными коробками 2, установленными над муфелем (рис. 38). Воздух подводится в коробки через патрубки 5. На сторо-

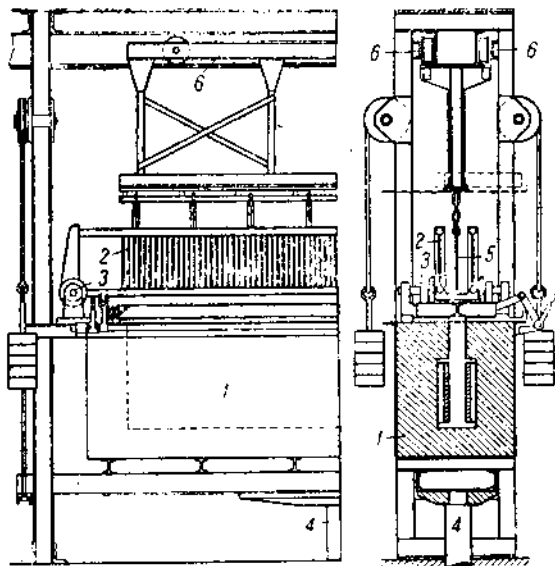


Рис. 36. Устройство для закалки стекла

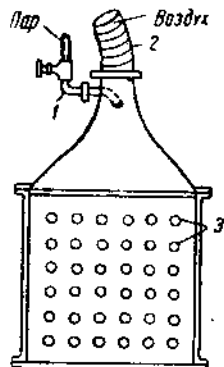


Рис. 37. Обдувка для закалки стекла водяной пылью

не, обращенной к стеклу, обдувные коробки снабжены отверстиями 3, через которые воздух равномерно распределяется по всей площади стекла.

Величина отверстий, расположение их, а также расстояние обдувных коробок от стекла зависят как от толщины стекла, так и от давления воздуха. В условиях опыта для стекол толщиной в 4,5—6 мм отверстия располагались по диагоналям квадрата со стороной в 50 мм. Диаметр отверстий, на котором остановились как на оптимальном, равняется 4 мм. Расстояние между обдувными коробками при среднем давлении воздуха в 680 мм вод. ст. установлено в 140 мм; с увеличением толщины стекла оно увеличивается до 180 мм и при меньшей толщине уменьшается до 100—120 мм.

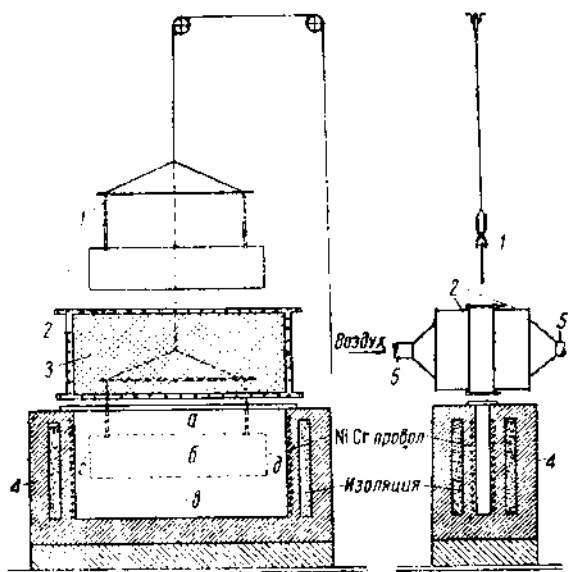


Рис. 38. Установка для закалки стекла на Горьковском заводе

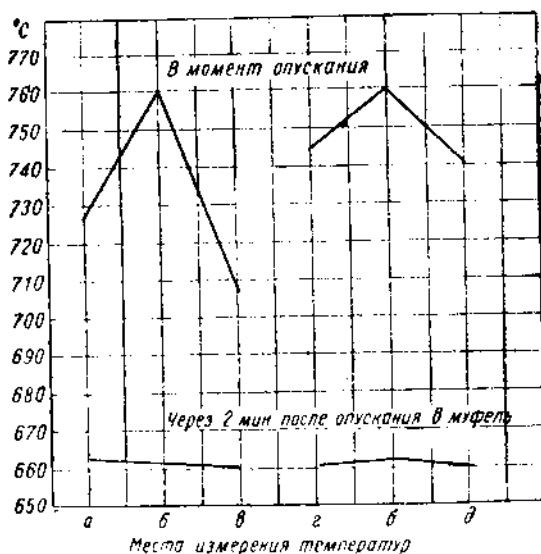


Рис. 39. Распределение температур в муфеле

Во время охлаждения следует обращать внимание на то, чтобы не имело места появление посечек — мелких трещин на поверхности стекла. Последние возникают в первый момент охлаждения и приводят или к немедленному разрушению стекла или же чрезвычайно снижают его прочность. Посечки в охлажденном стекле не могут быть замечены, так как внутренний слой, стремясь сжаться, затягивает их. Следует полагать, что причиной появления посечек является местное интенсивное охлаждение. Для предотвращения этого обдувным коробкам сообщают вращательное кругообразное движение в вертикальной плоскости радиусом в 25—30 мм.

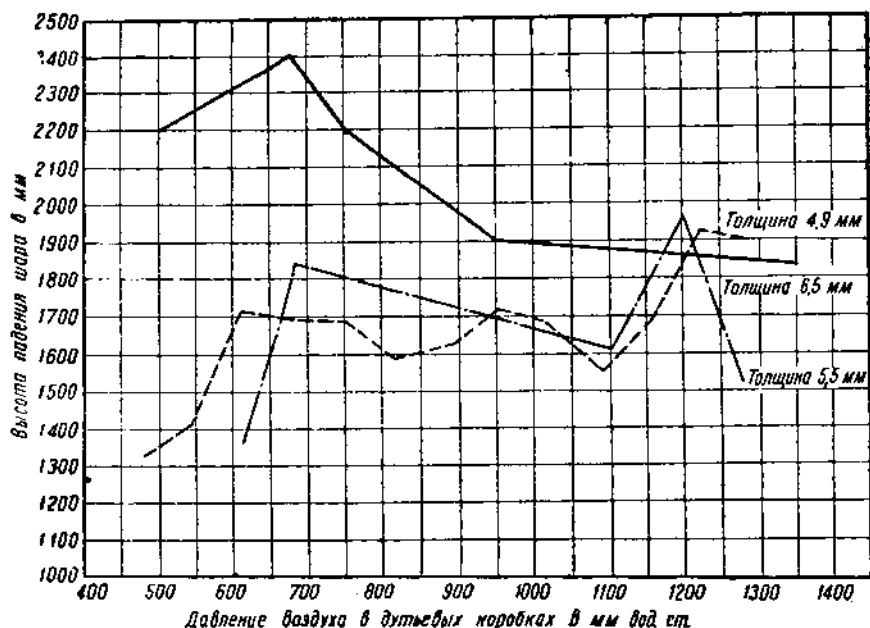


Рис. 40. Зависимость прочности стекла сталинит от давления воздуха в обдувочном устройстве (размер пластин 300×180 мм, вес шара 0,5 кг)

Охлаждение протекает в течение 2—2½ мин., после чего стекло снимается и поступает на испытание.

Зависимость прочности сталинита от давления воздуха в обдувочных коробках представлена на рис. 40.

При рассмотрении кривых видно, что прочность стекла с повышением давления воздуха до 600—700 мм вод. ст. непрерывно возрастает. При дальнейшем повышении давления прочность стекла колеблется в незначительных пределах, а для стекла толщиной в 6,5 мм она понижается. На основании этого можно заключить, что оптимальное давление находится в пределах 600—700 мм вод. ст. Дальнейшее увеличение давления помимо экономической нецелесообразности для стекол толщиной более 5,5 мм сопряжено с понижением прочности. Хотя

для более тонких стекол при давлении в 1100 мм вод. ст. и имеет место некоторое повышение прочности, но структура разбитого стекла такова, что наряду с притупленными многогранными кусочками получается еще некоторое количество мельчайших довольно острых осколков, что является нежелательным при применении сталинита как защитного стекла.

Стекла толщиной менее 5 мм воздухом закаливаются очень трудно, так как воздух производит слишком медленное охлаждение и на тонком листе стекла не создается необходимых натяжений.

При закалке тонких стекол следует применять более интенсивное охлаждение, чем воздушное. Этого можно достигнуть охлаждением или в масле, или в расплавленных легкоплавких металлах или солях, а также обдуванием водяной пылью.

В Институте стекла закалка стекла толщиной в 3 мм производилась в масле. На рис. 41 показана схема установки. Лист стекла 1, подвешенный на подвесках 2, разогревался в печи 3 до размягчения (в течение 2—3 мин. при температуре 650°). Затем отодвигалась заслонка 4 и лист быстро опускался в масляную ванну 5. Температура цилиндрического масла для закалки трехмиллиметрового стекла устанавливалась в 120—150°.

Предельная высота, при которой трехмиллиметровое закаленное стекло разбивалось от удара стального шара весом в 0,76 кг, равнялась 0,45 м. Сопротивление на изгиб этого стекла равно 2100 кг/см^2 .

Закалка полых изделий

Закалка полых изделий производится такими же методами, как и плоского стекла. Изделия с толщиной стенок больше 5 мм закаляются воздухом, а тоньше 5 мм — маслом или другими методами интенсивного охлаждения.

В Институте стекла определены условия закалки шахтных колпаков с толщиной стенок в 7—9 мм и чайных стаканов с толщиной стенок в 2—3 мм.

Незакаленные колпаки обладают малой механической и тер-

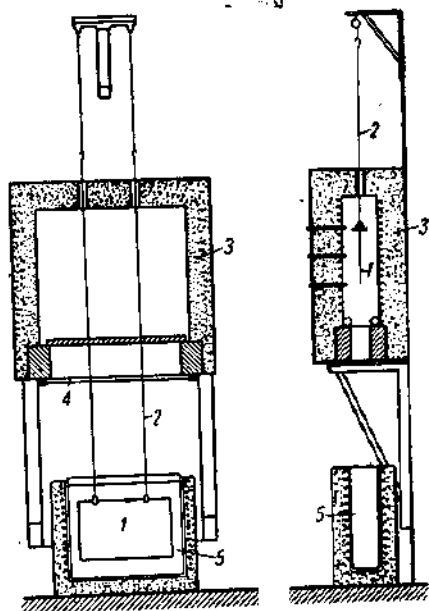


Рис. 41. Установка для закалки листового стекла в масле

мической устойчивостью. В условиях работы шахт возможно падение на колпак кусков породы или обливание горячего колпака холодной водой, и поэтому закаленное стекло (сталинит) для таких условий работы является наиболее приемлемым.

На рис. 42 дана схема установки для закалки колпаков. Колпак 1 подвешивается на подставке 2, которая может передвигаться вверх и вниз. Разогрев колпака производится в электропечи 3 с нихромовой обмоткой. Для более равномерного обогрева внутри колпака помещался палец 4, также обогреваемый электротоком. Холодный колпак опускается в печь, нагретую до 400°C (опускание колпака в печь с более высокой температурой приводит к его растрескиванию). Затем произ-

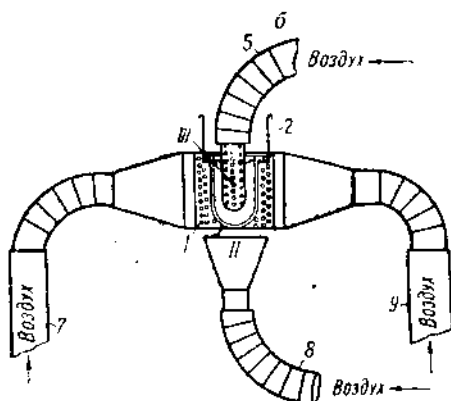
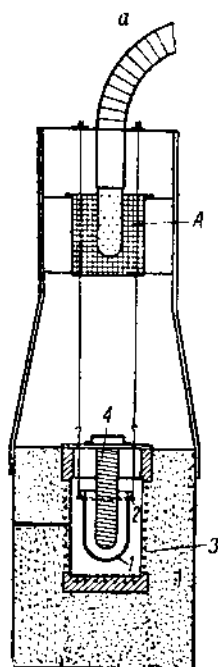


Рис. 42. Установка для закалки шахтного колпака:

а — разогрев колпака; *б* — закалка

водится подъем температуры в печи до 690° . Период нагрева продолжается в течение 20—25 мин. После подогрева крышка с электропечи снимается, и колпак поднятием подвески быстро переносится в обдувочное устройство А, находящееся над электропечью. Воздух от вентилятора подается по трубам 5, 7, 8 и 9 в три обдувочные решетки (рис. 42, б). Решетка I, воздух в которую подается по трубам 7 и 9, обдувает наружную цилиндрическую поверхность колпака, решетка II — нижнюю поверхность и решетка III — внутреннюю поверхность колпака.

Давление воздуха в обдувке равно 100—120 мм вод. ст. Расстояние между обдувками — 65 мм. Обдувание воздухом продолжается 4—5 мин. Обдувки рассчитаны таким образом, чтобы количество воздуха, проходящего через них, было пропорционально обдуваемой поверхности колпака.

Следует отметить, что для внутренней обдувки площадь

внутреннего сечения трубы должна быть примерно равна площади всех отверстий, через которые воздух подается для обдувания колпака. Если площадь отверстий будет больше внутреннего сечения трубы, то давление воздуха внизу обдувки будет больше, чем вверху, и наоборот.

Закаленные колпаки выдерживали удар (по цилиндрической части колпака) шара весом в 0,5 кг при падении его с высоты до 1,5 м. Незакаленные колпаки при тех же условиях выдерживали удар шара, падающего с высоты 0,3—0,4 м¹⁸.

Схема установки для закалки стаканов в масле приведена на рис. 43.

Разогрев стакана, подвешенного на подвеске 1, производится в электропечи 2. Опускание холодных стаканов в печь производилось при температуре 670°. После погружения стакана температура в печи падала до 640°, затем она поднималась в течение 1—2 мин. до 670°. Общее время разогрева стакана — 5—6 мин. По окончании нагревания нижняя крышка 3 печи опускалась и отводилась в сторону, и стакан быстро погружался в масляную ванну 4. Для стакана с толщиной стенки в 2 мм температура масла, при которой производилось погружение стакана, равнялась 140—150°.

Незакаленные стаканы разбивались шаром весом в 0,5 кг при падении с высоты 10—15 см, закаленные же разбивались этим же шаром при падении с высоты 45—60 см.

Закаленные стаканы выдерживали резкое изменение температуры с 290 до 15°, в то время как незакаленные стаканы растрескивались при разности температур в 80°.

Определение термической устойчивости производилось путем нагревания стакана в электропечи до определенной температуры и опускания его в холодную воду.

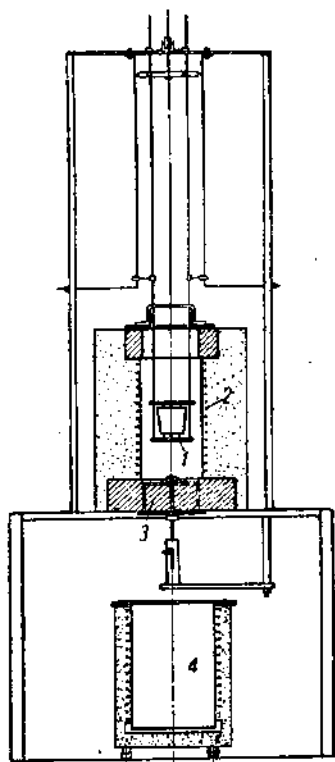


Рис. 43. Установка для закалки чайных стаканов в масле

Свойства стекол сталинит

Сопротивление на удар. Закаленное стекло выдерживает во много раз больший удар, чем незакаленное. Сопротивление на удар измеряется высотой падения стального шара весом в 950 или 500 г. Зависимость прочности закаленного и простого стекла от толщины показана на рис. 44. Закаленное стекло тол-

щиной в 8 мм разбивается шаром весом в 0,5 кг при падении его с высоты 3,7 м, обыкновенное стекло разбивается также шаром при падении с высоты 0,8 м.

По опытам Горьковского завода, закаленное стекло толщиной в 6,5 мм разбивается стальным шаром весом в 0,5 кг при падении с высоты 2,4 м.

Сопротивление на изгиб. Закалка стекла увеличивает сопротивление на изгиб в 5—8 раз, в зависимости от толщины стекла.

Испытания, проведенные Горьковским заводом, показали, что лист стекла размером $1060 \times 330 \times 6$ мм, будучи поставлен на двух опорах, свободно выдерживает тяжесть двух человек, давая при этом прогиб в 80—120 мм. При освобождении от нагрузки оно принимает первоначальное положение. Закаленное стекло, полученное на Константиновском заводе, показало прочность на изгиб в 2300 кг/см^2 . Испытанию подвергался образец размером $125 \times 80 \times 9,5$ мм¹⁷.

Сопротивление на скручивание. Это испытание производилось на ветровом стекле автомобиля и небольших стеклах четырьмя различными способами (рис. 45). Деформация изучалась при помощи автоматически записывающего прибора, и испытание продолжалось до разрушения образцов. Результаты испытания приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Испытание А		Испытание Б	
Нагрузка (в кг)	Стрела прогиба (в мм)	Нагрузка (в кг)	Стрела прогиба (в мм)
20	6,0	20	8,8
40	13,0	40	17,2
45	14,6	50	21,2
50	16,2	60	25,4
55	18	70	29,2
Разрушен.		80	33,0
		90	36,6
		95	38,8
		100	40,4
		102	41,2
		Разрушен.	

Примечание. Расстояние между плоскостью закрепления и точкой приложения сил—25 см.

Таблица 2

Испытание В		Испытание Г	
Нагрузка (в кг)	Стрела прогиба (в мм)	Нагрузка (в кг)	Стрела прогиба (в мм)
5	2,2	20	4,6
10	5,2	40	8,8
15	8,3	50	10,8
20	11,8	60	12,4
40	18,6	67	13,6
50	22,6	Разрушен.	
55	24,4		
Разрушен.			

Примечание. Расстояние между двумя точками закрепления—1 м¹⁸.

Термическая устойчивость. Стекло сталинит выдерживает резкое изменение температур от 270 до 0°. Обыкновенное стекло растрескивается при резком изменении температуры от 80 до 15°.

Один из способов испытания сталинита состоит в том, что на лист стекла наливают расплавленный свинец (температура плавления 230°), затем переплавляют его на том же стекле кислородно-ацетиленовой паяльной горелкой. После снятия свинца обрызгивают стекло водой при 15° . Стекло не должно разрушиться.

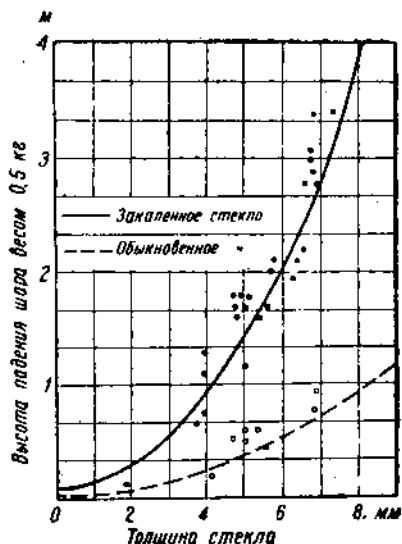


Рис. 44. Сравнительная прочность на удар закаленного и обыкновенного стекол

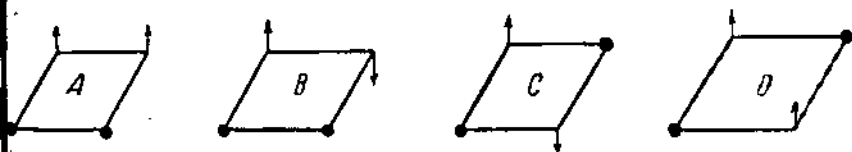


Рис. 45. Способы закрепления закаленного стекла при испытании на скручивание

Постоянство свойств закаленного стекла. Закаленное стекло со временем не теряет своих свойств — не стареет.

Известны случаи, когда стекло, находясь под действием нагрузок в течение восьми лет, не изменяло своих свойств.

Царапание алмазом и снятие фасета (шлифовка и полировка края) не ослабляют механических свойств стекла сталинит. Шлифовка и полировка всей поверхности стекла сталинит ослабляют его.

Твердость стекла при закалке не увеличивается. Это доказывается путем нанесения царапин на закаленное и простое стекла.

Глава II

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ СТЕКЛА

Под светотехническими стеклами следует понимать стекла, применяемые для осветительных и сигнальных целей.

В современных осветительных и сигнальных приборах стекло играет первостепенную роль. За редким исключением, без стекла невозможно изготовить осветительный или сигнальный прибор. Керосиновые и электрические лампы накаливания, газосветные трубки, радиолампы, автомобильные фары, сигнальные фонари автомобилей, сигнальные железнодорожные аппараты, авиационные и морские маяки, сигнальные огни на судах и самолетах, в портах и на аэродромах, прожекторы и многие другие сигнальные и осветительные приборы требуют применения стекла с самыми разнообразными свойствами. Приведенный перечень говорит о том, насколько разнообразно применение стекла в светотехнике и насколько разнообразны должны быть свойства стекол и форма изготовленных на них изделий.

Светотехнические стекла можно разделить на две группы:

- 1) стекла, применяемые для изготовления ламп и арматуры для освещения жилых помещений, общественных зданий и др.,
- 2) стекла, применяемые для сигнальных приборов.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКЛА

Применение стекла для осветительных и сигнальных целей основано на следующих оптических свойствах его.

Прозрачность и пропускаемость

Для осветительных и сигнальных целей пригодно только такое стекло, которое пропускает световые лучи. Способностью пропускать световые лучи обладают как прозрачные, так и непрозрачные (опаловые) стекла.

При падении света на стекло часть света отбрасывается поверхностью назад — отражается. При хорошей полировке от стекла отражается около 10% падающего на него света. Свет, проходящий через стекло, частично им поглощается, и из стекла выходит свет с меньшей интенсивностью, чем падающий на стекло.

Процент прошедшего через стекло света называется его пропускательностью. Прозрачные стекла могут быть бесцветные и окрашенные (синие, зеленые, красные и др.). Всякое окрашенное стекло пропускает меньше световой энергии, чем бесцветное, так как окрашивание стекла основано на поглощении им части лучей светового спектра.

Отношение интенсивности света F , прошедшего через стекло, к интенсивности света, падающего на стекло, называется коэффициентом пропускания.

$$\frac{F}{F_0} = \text{коэффициенту пропускания.}$$

Он выражается в долях единицы, например 0,3; 0,5; 0,8 и т. д. Пропускательность выражается в процентах и равна коэффициенту пропускания, умноженному на 100.

$$\frac{F \cdot 100}{F_0} = \text{пропускательность в процентах.}$$

Молочное или матовое стекла хотя и являются непрозрачными, пропускают рассеянный свет. Непрозрачное опаловое стекло может быть белым — молочным — и окрашенным в разные цвета. Пропускательность опалового стекла достигает 75%.

Преломление лучей

Световой луч, проникая в прозрачное тело, претерпевает изменение своего направления — он преломляется.

На стеклянную пластинку (рис. 46) падает луч LO . Угол α , который образуется направлением луча и перпендикуляром, восстановленным в точке падения O , называется углом падения; угол β называется углом преломления. Угол падения всегда больше угла преломления.

Отношения синуса угла падения к синусу угла преломления для данного стекла остаются всегда одинаковым независимо от направления луча.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n,$$

где n — показатель преломления; обыкновенно показатель преломления определяется для желтой линии натрия и обозначается N_D . Луч, выходящий из плоскопараллельной пластинки, имеет то же направление, что и луч, входящий в пластинку.

Если луч проходит не через плоскопараллельную пластинку, а через призму, то, выходя из нее, он не будет иметь то же направление, как падающий, а отклонится на некоторый угол (рис. 47).

Луч AB , не встретив на своем пути никакого препятствия, достигнет точки C экрана. Если на пути луча поставить призму,

то он изменит свое направление и упадет на экран в точке D . Линза действует подобно призме.

Это свойство луча — испытывать преломление — лежит в основе устройства большинства оптических, осветительных и сигнальных приборов. Показатель преломления зависит от состава стекла. Чем больше показатель преломления, тем большим

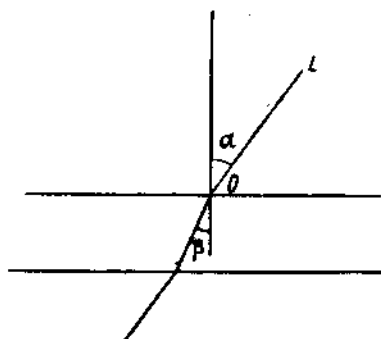


Рис. 46. Преломление света в плоском стекле

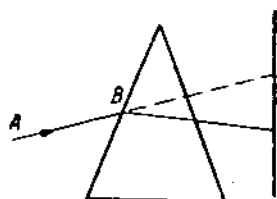


Рис. 47. Преломление света в призме

блеском (игрой) обладает стекло. Стекла, содержащие окись свинца, обладают наибольшим показателем преломления^{19, 20}.

Избирательное светопоглощение

Белый цвет не однороден и представляет собой смесь цветных лучей, отличающихся друг от друга длиной волны.

Длиной волны называется изгиб волны λ (рис. 48), определяемой тремя единицами измерения (табл. 3)²¹.

Таблица 3

Наименование единицы	Обозначение единицы измерения	Размерность
Микрон	μ	$1 \mu = 0,001 \text{ мм}$
Миллимикрон	$\text{мм}\mu$	$1 \text{ мм}\mu = 0,001 \mu = 0,000001 \text{ мм}$
Ангстрем	$\text{\AA}$	$\text{\AA} = 0,1 \text{ мм}\mu = 0,0000001 \text{ мм}$

Волна оранжевого луча может быть выражена в этих единицах следующим образом: $0,6 \mu$, $600 \text{ мм}\mu$, $6000 \text{\AA}$.

От солнца до земли доходит свет, длина волн которого колеблется в пределах от $0,28$ до 5μ (или от 280 до $5000 \text{ мм}\mu$).

Излучение источника света зависит от его температуры: чем выше температура, тем короче волны он испускает.

Солнце и искусственные источники света излучают как видимые, так и невидимые лучи. Длина волн видимых лучей колеблется в пределах $380—780 \text{ мм}\mu$; невидимые ультрафиолетовые лучи имеют волны от 380 до $10 \text{ мм}\mu$; невидимые инфракрасные лучи — волны от $780 \text{ мм}\mu$ до $0,3 \text{ мм}$.

Лучи разной длины волны имеют разный показатель преломления. Этим свойством лучей пользуются для разложения света в спектр.

Если узкий пучок света 1 (рис. 49) направить на призму 2, то на экране 3 будет видна цветная полоска, называемая спектром. Вверху спектра располагается красный цвет, внизу — фиолетовый и между ними — остальные цвета

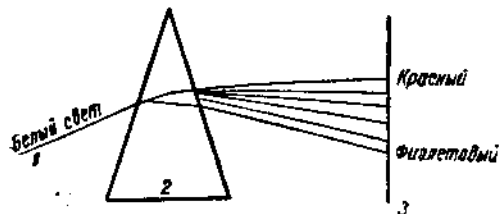
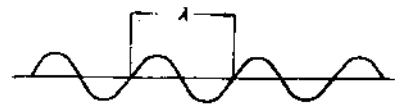


Рис. 48. Распространение света

Рис. 49. Разложение света в спектр

видимого спектра: оранжевый, желтый, зеленый и синий. Выше красной полосы расположатся инфракрасные лучи, а ниже, в фиолетовой — ультрафиолетовые.

Цвет луча видимого спектра зависит от длины волны. Зависимость цвета от длины волны выражается следующим образом²²:

	В мμ		В мμ
Красный	780—630	Зеленый	560—490
Оранжевый	630—600	Синий	490—440
Желтый	600—560	Фиолетовый	440—380

Ультрафиолетовые и инфракрасные лучи не воспринимаются глазом.

Для разложения света в спектр существуют специальные приборы: спектрометры, спектрофотометры, спектрографы, спектрометры, основной частью которых является призма, разлагающая свет в спектр. При помощи этих приборов можно определить, какую энергию несет с собой каждая волна спектра.

При прохождении света через стекло наблюдается неравномерное поглощение разных длин волн. Например красное стекло поглощает ультрафиолетовые, фиолетовые, синие, зеленые и желтые лучи и пропускает только одни красные. Зеленое стекло в зависимости от степени окраски поглощает большинство или все красные лучи и частично или полностью фиолетовые. Поглощение света какой-либо длины может быть полное и частичное.

Если по горизонтальной линии (абсциссе) расположить в известном масштабе длины волн, а по вертикальной линии (ординате) для каждой из этих волн — поглощение или пропускание в процентах, то получатся кривые пропускания или поглощения стекол по спектру. На рис. 50 приведены кривые пропускания для зеленого и красного стекол, применяемых для железнодорожной сигнализации. Эти кривые показывают, что стекло пропускает различные лучи неодинаково. Красный луч длиной волны в 600 мμ по выходе из зеленого стекла имеет

только 2% своей первоначальной интенсивности, остальные 98% поглощены стеклом. Поглощенная световая энергия превращается в тепло в стекле.

Зеленый луч с длиной волны в 500 м μ пропускается стеклом на 29%, остальная энергия луча поглощается и т. д.

Таким образом зеленое стекло пропускает все лучи видимого спектра, но одни поглощаются стеклом слабее, а другие — сильнее. Способность стекла задерживать одни волны и пропускать другие называется избирательным поглощением.

Зеленое стекло потому кажется зеленым, что оно хорошо пропускает зеленые лучи, сильно поглощая остальные. Поэтому зеленый цвет преобладает над всеми остальными, и стекло

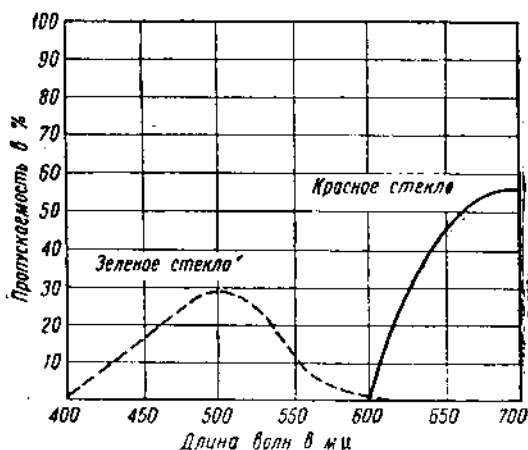


Рис. 50. Кривые пропускания зеленого и красного стекол

кажется зеленым. Красное стекло поглощает все лучи, кроме красных, и поэтому кажется красным.

Все сигнальные стекла обладают избирательным поглощением, так как, пропуская лучи одних волн, поглощают другие. Например синее стекло полностью поглощает зеленые и желтые лучи и большую часть красных; желтое сигнальное стекло поглощает фиолетовые, синие лучи и часть зеленых,

а пропускает желтые и красные.

Для характеристики сигнального стекла и контроля его качества необходимо знать кривую его пропускания²³. Кривую пропускания стекла в видимой части спектра определяют на приборе, называемом спектрофотометром.

Устройство спектрофотометра Кенига — Мартенса показано на рис. 51.

Свет от источника проходит через две щели — 2 и 3. Линза 4 дает параллельный пучок света на светорассеивающую призму 5. Свет, разложенный в спектр, проходит через призму Волластона 6. Эта призма поляризует лучи, идущие от двух щелей — 2 и 3. Одна сторона призмы 7 освещается лучом, идущим из щели 2, другая сторона — лучом, идущим из щели 3. В плоскости 8 и 9 располагается спектр, который имеет длину в несколько сантиметров. Для того чтобы из этого спектра выделить какую-либо длину волны или группу волн, имеется щель 10.

Пусть спектр имеет длину в 30 мм. На этой длине укладываются лучи с длиной волн от 400 до 700 м μ , т. е. 300 м μ

кислотой или при формовке нанести на нее волнистость, рифление, выступы в форме линз или призм, то через такое стекло нельзя рассмотреть находящиеся за ним предметы. Это происходит потому, что шлифованная поверхность и выступы на поверхности рассеивают свет, т. е. заставляют его выходить из стекла в самых разнообразных направлениях. Этим свойством стекла пользуются в тех случаях, когда требуются светопропускаемые, но непрозрачные перегородки, для чего прокаткой изготавливается рифленое или узорное стекло.

Рассеяние света глушеным (молочным или опаловым) стеклом происходит благодаря наличию в его массе мельчайших частичек глушащего вещества.

Частицы эти, так же как и стекло, в котором они распределены, прозрачны. Рассеяние происходит благодаря разности в показателях преломления частиц и стекла. Выше уже указывалось, что при переходе света из одной прозрачной среды в другую он испытывает преломление и отражение. Луч света, проходя через глушеное стекло, встречается на своем пути частицы глушителя, которые отклоняют его от прямого пути; а так как число частиц огромно, то и число отражений и преломлений также очень велико. Благодаря этому свет выходит из глушеного стекла рассеянным во всех направлениях.

Степень рассеяния зависит от количества, величины и формы глушащих частиц. Количество глушащих частиц в стекле огромно. По данным Риде и Иэтеса²⁶, в 1 см³ стекла, заглушенного фтором, насчитывается от 1 до 100 миллиардов глушащих частиц. Чем больше частиц в одном и том же объеме стекла, тем большее число раз свет отражается от поверхности частиц, большее число раз преломляется и тем лучше рассеивается. С увеличением числа отражений путь светового луча в стекле удлиняется, и стекло с большим количеством частиц поглощает много света. Стекло с меньшим содержанием частиц при одинаковом их размере меньше отражает и поглощает света, следовательно больше его пропускает. Но уменьшение количества частиц может идти до определенного предела. Количество глушащих частиц зависит от состава стекла, его тепловой обработки и количества глушителя, добавленного в шихту.

От величины частиц зависит как внешний вид стекла, так и рассеивающие свойства глушеного стекла. Если частицы имеют размер, достигающий длины световых волн, т. е. порядка десятых долей микрона, то стекло кажется мутным — опалесцирующим — и имеет голубоватое окрашивание. При рассмотрении напросвет стекло имеет желтовато-красноватое окрашивание. Это явление объясняется тем, что частицы малого размера рассеивают и отражают главным образом короткие фиолетовые и синие лучи; поэтому в отраженном свете стекло кажется голубоватым. При рассмотрении стекла в проходящем свете (напросвет) фиолетовые и синие лучи отражаются и рассеиваются, в то время как красные и желтые проходят через стекло

не рассеянными, благодаря чему стекло кажется красновато-желтым.

При увеличении величины частиц до одного или нескольких микронов, т. е. до размеров, превышающих длину световых волн, глушеное стекло рассеивает все световые лучи. При рассматривании через такое стекло горячей электролампы нить лампы не видна и все стекло освещено равномерно белым светом. Этим приемом пользуются при определении качества рассеивающего стекла. Через хорошее рассеивающее стекло нить лампы накаливания не должна просвечивать. Просвечивающая через глушеное стекло нить лампы имеет желтовато-красноватую окраску; это указывает на то, что стекло пропускает часть нерассеянных красных и желтых лучей. Для многих целей такое стекло является непригодным и бракуется.

Глушеное стекло имеет молочно-белый цвет, отчего оно получило название молочного. Впечатление белого цвета создается вследствие отражения света глушащими частицами, которые могут быть совершенно прозрачными.

Прозрачное стекло в измельченном состоянии кажется белым, хотя отдельные крупинки стеклянного порошка прозрачны. Белый цвет порошка обуславливается отражением света от граней стеклянных крупинок. Последний пример объясняет, почему при глушении стекла прозрачными частицами получается стекло белого цвета.

ОТДЕЛЬНЫЕ ВИДЫ СВОТОВЕХНИЧЕСКИХ СТЕКОЛ

Голофан 24, 25

Освещение улиц, больниц, зал, вокзалов, клубов, театров, больших цехов заводов и фабрик требует применения рациональной осветительной аппаратуры. В нашем Союзе для указанных целей часто применяется аппаратура, весьма несовершенная с точки зрения экономии электроэнергии. Для освещения улиц, бульваров, автомагистралей в большинстве случаев применяются осветители, состоящие из лампы и шара, изготовленного из молочного стекла. Такой прибор неэкономичен, так как на освещаемую им поверхность падает меньше половины света, излучаемого лампой. Свет, идущий вверх, для освещения не используется.

Другой тип осветительной арматуры состоит из лампы и зеркального отражателя. В этом случае потери света вверх не происходит, но теряется до 20% света на поглощение. Помимо этого осветители такого рода недолговечны. Вместо зеркального или металлического отражателя применяются также отражатели, покрытые белой эмалью. Эмаль отражает до 75% света, недолговечна, темнеет и скалывается от нагревания и легких толчков.

Наиболее экономичными и дающими лучший осветительный эффект являются призматические стеклянные осветители.

Такие осветители начали вырабатываться английской фирмой „Голофан“, и по имени этой фирмы осветители получили свое название.

На рис. 52 показано устройство голофана для уличного освещения. Прибор состоит из двух колпаков. Внутренний колпак имеет на наружной стороне горизонтальные кольцевые призмы 1, назначение которых состоит в преломлении света в нужном направлении. Луч AB , который в шаровом осветителе не используется для освещения, преломляется призмами внутреннего колпака голофана и направляется вниз, на освещаемую поверхность, что увеличивает коэффициент использования света, излучаемого лампой. Однако голофан не только бо-

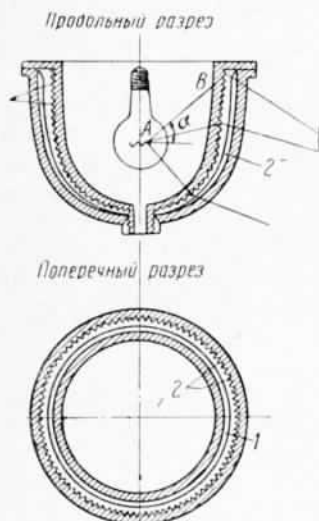


Рис. 52. Голофан



Рис. 53. Голофан для уличного освещения



Рис. 54. Голофан для освещения площадей и бульваров

лее экономичный прибор; он обладает и другим важным свойством — способностью давать равномерное, почти бестеневое освещение.

Освещая какую-либо поверхность лампой, можно заметить, что непосредственно под лампой значительно светлее, чем в местах, удаленных от нее. Призмы внутреннего колпака голофана рассчитаны так, что они распределяют свет источника совершенно равномерно по всей освещаемой поверхности.

Наружный колпак голофана состоит из системы вертикальных призм 2, расположенных на внутренней поверхности. Цель этих призм — рассеять и смягчить яркие лучи, выходящие из внутреннего колпака. Наружная поверхность этого колпака гладкая. В голофане вся призматическая система изолирована от окружающего воздуха и не запяляется; воздухом омываются только гладкие стенки обоих колпаков, которые легко очищаются от пыли и грязи.

На рис. 53 показан осветитель голофан с металлической арматурой для уличного освещения. На рис. 54 показан другой тип осветителя голофан — с колпаком из рассеивающего стекла. Он применяется для освещения площадей, бульваров и т. д. На рис. 55 представлена люстра из плоских призматических стекол голофан; она применяется для освещения больших зал, вестибюлей и др.

Кроме основных типов осветителей для уличного освещения фирма „Голофан“ выпускает широкий ассортимент призматических светильников, имеющих широкое применение на самых разнообразных участках: в кино, театрах, предприятиях и т. д. Особый интерес представляют плоские призматические стекла, изготавливаемые в виде плит и панелей со сложным призматическим рисунком. При помощи этих стекол создаются целые осветительные системы, применяемые при декоративно-художественном оформлении.

По подсчету треста „Мосгорсвет“, применение осветителей голофан вместо существующих позволит сократить расход электроэнергии на освещение в 2—5 раз. Подсчет произведен на основании сравнительного испытания импортных голофанов и изготавливаемых в Союзе осветителей.

Производство голофанов фирмой засекречено, и поэтому сведений о нем в литературе не появляется. В настоящее время в СССР проводятся опыты по изготовлению голофанов.



Рис. 55 Люстра из плоских призматических плит Голофан

Глушеное (молочное) стекло для осветительной арматуры и электроламп

Цель применения молочного стекла для осветительной арматуры и электроламп состоит в получении рассеянного света. Такой свет дает более равномерное освещение, не ослепляет (не режет) глаз и в некоторых приборах совершенно необходим. Например электролампы с глушеными колбами применяются в полирископах (приборах, служащих для определения степени отжига стекла), в фотоувеличительных камерах и др.

Если в голофанах рассеяние света производится системой призм, которые образуются на стенках изделий при их выработке, то, как уже упоминалось, в глушеном стекле рассеяние света производится мельчайшими частицами глушащего вещества, распределенного в прозрачном стекле. Глушащие вещества можно разделить на две группы. Одни из них (содержащие фтор или фосфор) при варке растворяются в стекле, и глуша-

щие частицы выпадают во время охлаждения стекла. Другие (талк, окись олова, гипс) трудно растворяются в стекле, и глушащие частицы этих веществ взвешены в стекле и при температуре варки.

Состав и производство глушеных стекол

Глушеное стекло получается при введении в стекло глушителей. В качестве таких веществ применяются: 1) фтористые соединения — криолит, кремнефтористый натрий, плавиковый шпат, 2) фосфорные соединения — костяная мука, фосфорнокислый кальций и фосфорнокислый натрий, 3) окись олова, 4) окислы мышьяка и др.

Для получения светотехнического, хорошо рассеивающего стекла, пропускающего наибольшее количество света, применяют фтористые глушители.

Причиной заглушения стекла фтором является образование в стекле мельчайших частиц фтористого натрия и фтористого кальция, причем в зависимости от состава стекла образуются частицы того или другого соединения или их смесь. Райд и Изтс путем микроскопического исследования обнаружили в разных глушеных стеклах частицы диаметром от 0,3 до 20 μ . Обычно частицы имеют более или менее круглую форму.

При температуре варки в стекле не имеется глушащих частиц — оно совершенно прозрачно, в чем можно убедиться, быстро охлаждая в воде небольшую порцию его. При понижении температуры во время студки и выработки в стекле образуются зародыши глушителя, которые вначале настолько малы, что не рассеивают света, и стекло остается прозрачным. При дальнейшем понижении температуры зародыши глушителя увеличиваются в размере и, когда достигают величины световых волн, начинают рассеивать свет. Стекло начинает гложнуть, т. е. становится непрозрачным. Стекло мутнеет, когда образовавшиеся в нем частицы имеют величину десятых долей микрона. Такое мутное стекло в отраженном свете кажется голубоватым, а в проходящем — желтовато-оранжевым.

При росте величины частиц до нескольких микронов стекло начинает рассеивать и отражать все световые волны и приобретает молочно-белый цвет. Величина частиц зависит от времени обработки стекла и температуры выработки и от количества глушителя в шихте. Из одного и того же стекла можно получить слабо и сильно заглушенные изделия в зависимости от скорости охлаждения стекла. Так быстро выработанное изделие будет заглушено слабее, чем изделие, выработанное медленно и несколько раз подогреваемое во время выработки. В первом случае для роста частиц не будет достаточно времени. Однако, если в стекло введено много глушителя, то и при быстрой выработке и без повторного подогрева получается хорошо заглушенное стекло.

В табл. 4 приведены составы некоторых сортов молочных стекол (в процентах)^{26, 27, 28, 29}.

Таблица 4

Составные части стекла	Электроколбочное стекло				Листовое стекло	Арматур- ное стекло
	1	2	3	4		
Кремнекислота	70,8	66,7	5,80	71,45	71,75	57,9
Фтор	3,7	5,58	3,05	3,79	4,41	2,36 г на 100 г стекла
Оксид алюминия	5,00	4,55	5,47	4,72	5,74	10,4
„ кальция	5,45	8,75	5,79	3,50	0,75	8,4
„ натрия	11,79	11,47	8,39	13,09	16,97	6,4
„ калия	3,39	1,93	2,48	3,8	0,62	1,1
„ цинка	—	—	6,75	—	—	11,7
Борный ангидрид	—	—	6,30	—	—	—
Оксид свинца	—	—	4,12	—	—	2,9
„ магния	—	—	—	—	—	1,2

В табл. 5 приведен состав шихты для электроколбочных, арматурных и листовых стекол (в весовых частях) ^{26, 31}.

Таблица 5

Составные части шихты	Электроколбочное стекло				Арматурное стекло		Листовое стекло	
							сплош- ное	ваклат- ное
Песок	250	100	100	100	100	100	252	100
Сода	35	28	—	15	12	8	70	20
Поташ	35	—	27	10	12	6	—	10
Селитра	5	2	—	2	2	—	4	—
Мраморная мука	—	—	—	3	—	—	—	—
Полевой шпат	—	25	4	5	10	—	—	15
Плавленый шпат	50	18	8	—	12	—	—	15
Криолит	53	6	12	20	6	6	65	8
Глинозем	—	—	—	—	9	—	—	—
Оксид цинка	25	4	—	2	—	—	—	—
Сурик свинцовый	—	—	30	30	6	10	—	—
Известь	—	—	—	—	5	—	—	—
Мел	10	—	—	—	—	—	14	—
Ветерит	5	—	—	—	—	—	—	—

Из электроколбочных стекол (табл. 4) наилучшими свойствами в смысле рассеяния и пропускания света обладает стекло № 3: при толщине в 1 мм оно поглощает 12% света, в то время как другие колбочные стекла поглощают до 20% света. Диаметр глушащих частиц в этом стекле равен 1 м.

В шихты арматурного стекла в качестве глушителя вводился плавленый шпат с таким расчетом, чтобы на 100 частей стекла

приходилось 2,36 части фтора. Величина глушащих частиц в этом стекле достигала 2 μ .

Исследованиями Гельгофа и Томаса³⁰ установлено, что степень глушения зависит от состава стекла, причем наилучшее глушение получалось при введении в стекло окиси свинца и окиси цинка.

Режим варки глушеного стекла

Варка глушеного (молочного) стекла, заглушенного фтористыми соединениями, является одной из наиболее трудных. Трудность заключается в том, что глушитель — фтор может во время варки улетучиться, и тогда стекло вместо опалового будет или опалесцирующим или совершенно прозрачным. Искусство стеклоvara состоит в том, чтобы уловить момент провара и очистки стекла и своевременно снизить температуру печи — начать студку. Если слишком долго выдерживать сварившееся стекло при высокой температуре, то оно, как говорят стекловары, „выгорит“. При выгорании происходит улетучивание фтора. По данным проф. Китайгородского и Куровской, при нормальной варке улетучивается до 56% введенного в шихту фтора. Выдерживая стекло при высокой температуре, можно удалить фтор почти полностью.

Если в печи варится только молочное стекло, то температура варки не должна превышать 1400°. При варке в одной печи нескольких сортов стекол, когда некоторые из них требуют высокой температуры варки, засыпка в горшок шихты молочного стекла производится на несколько часов позднее, так как молочное стекло обычно очень быстро проваривается и успевает свариться к моменту готовности более тугоплавких стекол.

Введение в шихту слишком большого количества глушителя с целью обезопасить себя от получения плохо заглушенного стекла ведет ко многим неприятным последствиям. Во-первых, такое стекло слишком много поглощает света, что уменьшает коэффициент полезного действия осветительного прибора. Во-вторых, стекло с большим содержанием глушителя становится слишком хрупким и плохо выдувается; оно имеет также большую склонность к заруханию — кристаллизации.

Значительное влияние на степень глушения оказывает количество боя. При применении большого количества боя стекло получается с меньшей степенью глушения. Это происходит оттого, что в бое содержится меньше глушителя, чем в шихте, и кроме того еще некоторое количество фтора улетучивается при расплавлении и варке стекла. Если при установленном режиме варки уменьшить количество боя или совершенно его не добавлять, то стекло получается сильно заглушенное — оно трудно вырабатывается, быстрее кристаллизуется и поглощает больше света. Поэтому для получения молочного стекла с одинаковыми светотехническими свойствами должен быть установлен не только определенный режим варки, но и определенное соотношение шихты и боя.

Светотехнические свойства глухеных рассеивающих стекол

Поток света F_0 (рис. 56), проходящий через плоское молочное стекло, разделится на три составные части: одна часть потока F_1 отразится от поверхности стекла, другая часть F_2 поглотится стеклом, и третья часть F выйдет из стекла. Последняя часть светового потока используется для освещения; первые две части являются потерями. Чем больше часть потока F , прошедшая через стекло, тем больше света используется для освещения и тем больше коэффициент полезного действия стекла.

Свет, прошедший через молочное стекло, может быть рассеян полностью; тогда нить электролампы не будет видна при рассмотрении через стекло. Если же рассеяние света неполное, то нить лампы накаливания будет просвечивать. Для видимости нити достаточно очень небольшой части нерассеянного света—меньше 0,1%. Поэтому у хороших молочных рассеивающих стекол нерассеянная часть света близка к нулю.

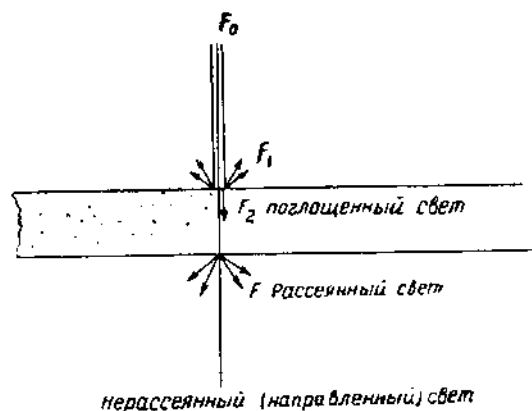


Рис. 56. Рассеяние света глухим стеклом

Пропускание нерассеянного света называется направленной пропусканием молочного стекла.

Если вместо плоского стекла имеется замкнутое пространство, например шар электроколбы или колпак, то коэффициент полезного действия стекла увеличивается, так как свет, отраженный от одной стенки, падает на другую. Этот отраженный свет, так же как и прямой, разделяется на три потока, и один из них проходит через стекло. За счет использования отраженного света от стенок увеличивается коэффициент полезного действия стеклянной арматуры замкнутого типа. В табл. 6 даны светотехнические нормы для молочного стекла по проекту ОСТ.

Таблица 6

Класс	Наименование стекла	Коэффициент пропускания не менее	Коэффициент отражения не более	Коэффициент поглощения не более	К. п. д. стекла замкнутого типа не менее
1	Собственно молочное	0,35	0,50	0,15	0,7
2	Опаловое	0,55	0,35	0,10	0,75
3	Опалиновое	0,70	0,25	0,05	0,8

Хорошее молочное стекло имеет пропускание в 50% и более, поглощение — 5 — 10%.

Стекла разбиваются на классы по следующим признакам (табл. 7).

Таблица 7

Класс	Наименование класса молочного стекла	Определение с точки зрения направленного пропускания
1	Собственно молочное стекло	Сквозь стекло не видна накалившаяся нить лампы
2	Опаловое стекло	Сквозь стекло едва заметна нить лампы
3	Опаловое стекло	Сквозь стекло четко видна нить лампы

Качественное определение направленного пропускания молочного стекла производится путем помещения прозрачной лампы накаливания мощностью в 100 *вт* внутрь колпака или позади стекла на расстоянии 100 мм от него с последующим рассмотрением нити лампы накаливания через испытуемое стекло.

Тугоплавкие стекла для электроламп

При работе разрядных ламп высокого давления развивается температура, доходящая до 850°. Обычное стекло размягчается при температуре ниже 600° и для изготовления таких ламп непригодно.

Поэтому возникла необходимость получить стекло с точкой размягчения не ниже 900°³².

В табл. 8 приведено несколько составов тугоплавких стекол (в процентах).

Таблица 8

Составные части стекла	1	2	3	4	5	6	7
Кремнекислота	51	40,9	39,4	44,7	51,1	50,3	49,8
Борный ангидрид	6,3	10,1	10,7	10,6	6,7	6,5	5,6
Оксид алюминия	21,0	19,7	24,2	20,7	23,2	18,1	24,3
» кальция	14,4	21,3	18,2	14,8	11,6	10,8	7,2
» бария	3,4	—	—	—	3,6	3,8	—
» цинка	3,7	8,3	8,3	9,3	4,7	8,6	8,2
Пятиокись фосфора	—	—	—	—	—	—	5,5
Оксид натрия	0,7	—	—	—	—	1,0	—
» калия	—	—	—	—	—	0,9	—
Температура размягчения (в°С)	915	815	825	825	936	890	940
Коэффициент расширения ($\times 10^6$)	48,0	62,0	51,0	51,5	44,0	50,0	34,0

Обычные шамотные горшки сильно разъедаются этими стеклами, поэтому для варки требуются горшки, изготовленные из специального огнеупорного материала. В этом отношении хорошие свойства показала высокоглиноземная фарфоровая масса, выдерживаемая до температуры 1550 — 1600°.

Стекла вышеуказанного состава варятся при температуре 460°. Продолжительность варки — не более 24 час.

Обычными методами из этих стекол можно выдувать колбы, вытягивать трубки³².

Автомобильные стекла

На автомобиле устанавливаются следующие стекла: триплекс, фарное, подфарники, задние сигнальные, стекло для освещения номерного знака и рассеивающие стекла для внутреннего освещения автомобиля.

Производство стекол триплекс было подробно описано выше.

Фарное стекло

Назначение фары состоит в освещении дороги во время ночной езды. При больших скоростях современных автомашин вопрос освещения дороги является весьма серьезным. Шофер должен видеть перед собой путь за 100 м и более, чтобы в случае появления какого-либо препятствия успеть затормозить или сделать поворот. Чем быстрее пройдет машина, тем на большее расстояние должны светить фары автомобиля.

Существенной частью фары является рассеивающее стекло.

На рис. 57 показана схема устройства фары.

Электролампа 1 помещается в фокусе параболического отражателя 2. Свет, выходящий из фары, выходит через стекло 3. На стекло дают два потока света: непосредственно от лампочки (угол α) и свет, отраженный рефлектором. Рефлектор дает узкий пучок света, который пучок, падая на дорогу, производил бы очень яркое освещение небольшого пятна дороги. Назначение рассеивающего стекла состоит в распределении света по всей ширине дороги и направлении его на дорогу под определенным углом.

В светотехническом отношении фара характеризуется освещенностью на определенном расстоянии от фары и углами рассеяния света в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Определение углов рассеяния и освещенности производится следующим образом.

Фара устанавливается на подставке, которая позволяет пово-

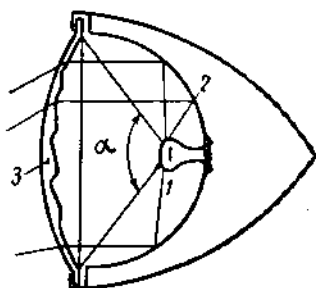


Рис. 57. Автомобильная фара

рачивать фару в горизонтальной и вертикальной плоскости фотометром производится измерение силы света при разных углах поворота фары, что равносильно перемещению фотометра стороны, а также вверх и вниз. Фара дает направленный пучок света. От центральной части пучка в стороны, вверх и вниз сила света падает.

На рис. 58 показано распределение силы света под разными углами в горизонтальной плоскости для фары Бьюик, модели 1937 г. Измерение силы света производилось на расстоянии 17 м от фары. Максимальная сила света на расстоянии 17 м — 2500 свечей. За угол рассеяния фары принимается угол, при котором сила света составляет 10% от максимальной. В данном случае сила света в 2500 свечей падает на угол в $8,5^\circ$ вправо и влево. Следовательно угол рассеяния фары в горизонтальной плоскости составляет $8,5 + 2 = 10,5^\circ$.

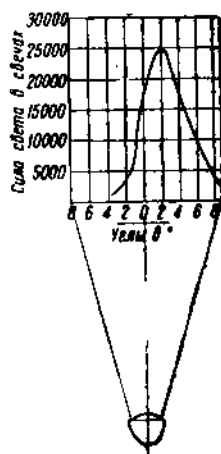


Рис. 58. Распределение силы света фары

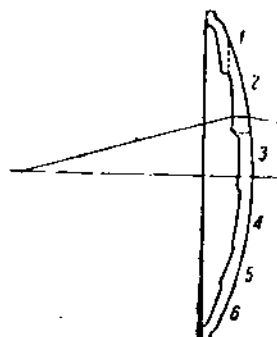


Рис. 59. Схема фарного стекла машины М-1

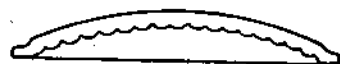


Рис. 60. Горизонтальный разрез пояса фарного стекла

Направление света под определенным углом и рассеяние его производится при помощи системы линз, имеющихся в фарном стекле. На рис. 59 дан схематический чертеж фарного стекла для машины М-1. Вся линза делится на шесть горизонтальных поясов. Каждый пояс в вертикальном сечении представляет собой призму (см. пояс 2). Призма отклоняет луч света к своему основанию, как показано на рис. 59. Таким образом при помощи этих призм свет преломляется и направляется вперед на дорогу.

Рассеяние света производится линзочками, на которые попадает каждый горизонтальный пояс. На рис. 60 дан горизонтальный разрез пояса 2. Угол рассеяния зависит от радиуса линзочек.

Производство фарных стекол. В табл. 9 даны составы фарных стекол (в процентах).

Таблица 9

Составные части стекла	Стекло с машины Форда	Стекло с машины Бьюик
Кремнекислота	74,59	73,33
Сернистый ангидрид	—	0,72
Диоксид титана	0,14	0,44
Оксид железа	0,04	0,06
Оксид кальция	2,7	5,41
Оксид магния	1,88	3,41
Оксид бария	1,31	0,17
Оксид натрия	18,53	15,59
Оксид калия	—	0,46
	0,71	0,24

Выработка фарных стекол производится на ручных прессах заводом „Красный луч“.

В США на заводе „Маккл Гласс Компани“ фарные стекла вырабатываются на прессах-автоматах систем Миллера. Подача стекла в формы пресса производится через фидер Гартфорда. Производительность пресса — 12—14 шт. стекол в минуту.

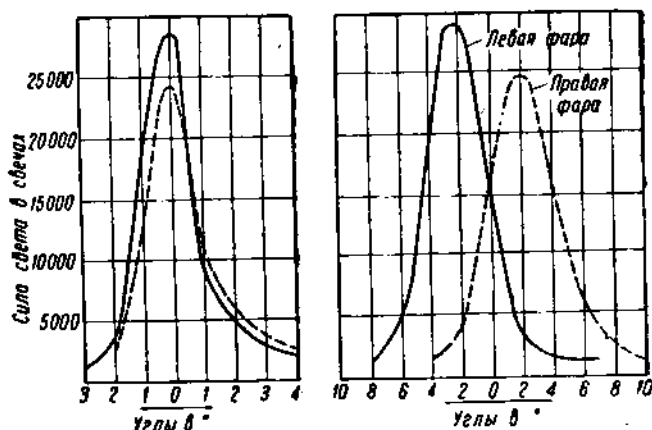


Рис. 61. Распределение силы света под разными углами фары ЗИС-101

Светотехнические свойства фарных стекол. Как уже указывалось, фара характеризуется углами рассеяния света в горизонтальной и вертикальной плоскостях и освещенностью на определенном расстоянии от фары.

В табл. 10 приведены углы рассеяния для фар ЗИС-101 М-1.

Фара машины	Наклон оси пучка света к горизонту		Угол рассеяния в горизонтальной плоскости			Угол рассеяния в вертикальной плоскости		
	норма	допуск	вправо	влево	допуск	вверх	вниз	допуск
ЗИС-101 правая	-0,5°	± 10'	8,5°	7,5°	± 1,5°	+1,0°	-2,5°	± 0,5°
ЗИС-101 левая	-0,5°	± 10'	8,5°	8,5°	± 1,5°	+1,0°	-2,5°	± 0,5°
М-1	-2,0°	± 0,5°	7,5°	7,0°	± 1,5°	+0,5°	-3,5°	± 0,5°

На рис. 61 и 62 показано распределение силы света для фар ЗИС-101 и М-1. Измерение силы света производилось на ра-

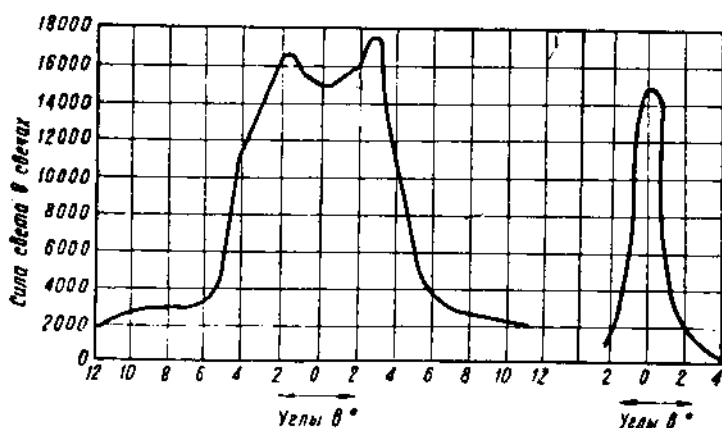


Рис. 62. Распределение силы света под разными углами фары М-1

стоянии 17 м от фары. Машина ЗИС-101 имеет разные фары — правую и левую. Левая отклоняет световой поток вправо, правая влево. Суммарный световой поток от обеих фар дает равномерное освещение дороги.

Сигнальное стекло „стоп“

Задние сигнальные огни автомобиля служат для подачи условного сигнала о торможении или замедлении хода, а в ночное время сигнализируют о местонахождении машины и указывают ее размеры, что важно при объезде или обгоне. Для сигнализации применяются разноцветные стекла, называемые стеклами „стоп“. Форма стекол „стоп“ весьма разнообразна. За границей каждая марка машины имеет свою форму стекол „стоп“.

На наших автомашинах устанавливаются три типа стекол „стоп“: первый тип — стекло „стоп“ машины ЗИС-101, второй тип — стекло „стоп“ машины М-1 и третий тип — стекло „стоп“ грузовой машины.

Стекла „стоп“, устанавливаемые на машинах ЗИС-101 и грузовиках, двухцветные, на машинах ЗИС-101 — красные и синие, на грузовых машинах — красные и белые. Стекла машины М-1 одноцветные — красные. Двухцветная сигнализация является более совершенной, и очевидно в скором времени на машинах М-1 также будут установлены двухцветные стекла.

Стекло „стоп“ машины ЗИС-101 (рис. 63) состоит из двух стекол — красного и синей вставки, оба стекла скрепляются

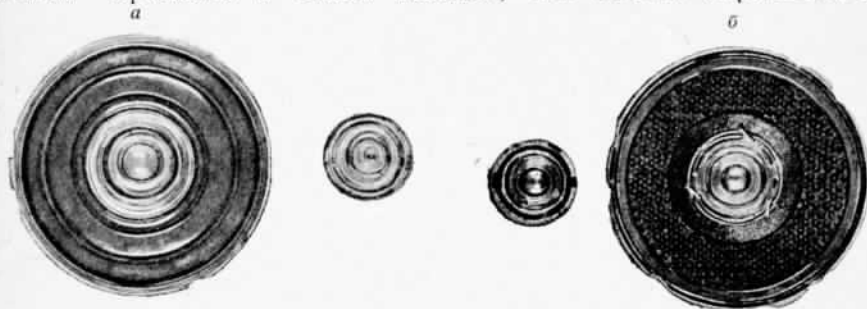


Рис. 63. Стекло „стоп“ машины ЗИС-101:

а — внешняя поверхность, б — внутренняя поверхность

между собой металлическим кольцом при помощи имеющих на нем ушек. Для уплотнения между стеклами и металлическим кольцом прокладывается замазка.

Стекло „стоп“ грузовой машины изготавливается из одного куска стекла медного рубина. Получение двух окрасок в одном куске стекла достигается путем разностенности изделия: в толстом слое стекло получается красного цвета, в тонком — бесцветное.

Красные стекла „стоп“ легковых машин М-1 (рис. 64) и ЗИС-101 на внутренней поверхности покрыты выступами. Каждый выступ представляет собой трехгранную пирамидку с прямыми углами в вершине. Эти пирамидки рассеивают падающий на них свет электролампы, благодаря чему все стекло кажется равномерно освещенным.

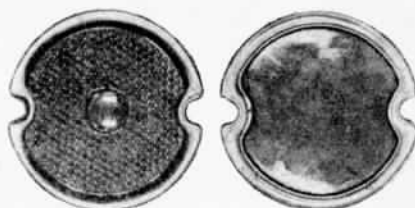


Рис. 64. Стекло „стоп“ машины М-1

Когда лампа заднего фонаря не горит, то стекло „стоп“ может светиться отраженным светом, что достигается отражением лучей в пирамидках.

Составы стекол и режим варки. Красные стекла „стоп“ для легковых машин ЗИС-101 и М-1 изготавливаются прессовкой сelenового рубинового стекла. Для грузовых машин эти стекла изготавливаются из медного рубинового стекла.

Селеновый рубин обладает лучшими светотехническими свойствами. Он дает более чистый красный сигнал и обладает луч-

шей пропускаемостью света, чем медный рубин. Установка стекол „стоп“ из селенового рубина на грузовые машины пока лимитируется дефицитностью материалов, необходимых для производства этого стекла.

Стекла „стоп“ из селенового рубина начали изготавливаться в Союзе с 1936 г., когда осваивалось производство автомобилей ЗИС-101 и М-1. Состав стекол вначале был разработан в Институте стекла. Затем массовое производство их было освоено заводом „Красный луч“.

В табл. 11^{35, 36} приведены составы красных стекол, а в табл. 12 — составы шихт.

Таблица 11

Состав красных стекол (в процентах)

Составные части стекла	Красное стекло с машины Бьюнк	Стекло, полученное в Институте стекла	Стекло завода «Красный луч»
Кремнекислота	64,82	70,3	69,5
Борный ангидрид	—	7,3	7,4
Фосфорный ангидрид	1,81	—	—
Оксид цинка	13,44	5,6	6,1
» кальция	2,14	—	—
» алюминия	0,52	—	—
» железа	0,07	—	—
» сурьмы	0,24	—	—
» натрия	15,83	9,5	10,0
» калия	0,48	7,3	7,0
» олова	—	0,7	0,7
Селен	0,14	0,6	0,8
Сернистый кадмий	0,11	0,7	0,9
Серный ангидрид	0,30	—	—

Состав стекла с машины Бьюнк взят по химическому анализу, остальные два — по расчету.

Таблица 12

Состав шихты (в весовых частях)

Составные части шихты	Шихта Института стекла	Составные части шихты	Шихта Института стекла
Песок	247	Оксид олова	2,45
Борная кислота	47,5	Винная кислота	2,45
Оксид цинка	20,0	Селен	2,1
Сода	60,0	Сернистый кадмий	2,45
Поташ	44,5		

Следует отметить, что составы селенового рубинового стекла чрезвычайно разнообразны, но в любом стекле необходимой

составной частью является окись цинка. Без окиси цинка хорошего селенового рубина пока получить не удалось, и роль ее в получении селенового рубина еще не выяснена.

Для получения хорошего красного стекла содержание окиси цинка должно быть не меньше 5%.

Введение в состав стекла окиси кальция ослабляет цвет стекла.

В табл. 13³⁴ приведены разные составы стекол селенового рубина (в процентах).

Таблица 13

Составные части стекла	По Кириатруку и Робертсу	Красное немецкое стекло для мелких прессовок	Красное оптическое стекло завода Шотта	Стекло завода Корнинг	Состав, рекомендуемый Варгиним
Кремнекислота	63,8	71,4	50,0	76,7	63—68
Борный ангидрид	0,5	—	2,0	14,3	0—2
Окись сурьмы	—	—	—	0,4	—
» алюминия	—	0,5	—	0,6	—
» железа	—	—	—	—	—
» цинка	13,4	5,3	25,0	9,5	10—15
» кальция	—	4,6	—	0,8	—
» магния	—	—	—	0,6	—
» калия	10,5	15,2	23,0	0,4	10—15
» натрия	11,8	3,0	—	5,7	7—10

Красное окрашивание селенового рубина получается введением в шихту двух красителей: металлического селена и сернистого кадмия. В отдельности эти красители не дают красного окрашивания. Селен может окрасить стекло от розового до бурого цвета, сернистый кадмий — от светложелтого до темно-желтого.

При совместном введении селена и сернистого кадмия в стекле при охлаждении образуются частицы, состоящие из селенида кадмия и сернистого кадмия. Цвет стекла зависит от состава этих частиц, т. е. от соотношения селенида кадмия и сернистого кадмия. В табл. 14³⁸ приведены данные (в процентах) Руксбая о зависимости цвета стекла от состава частиц.

Таблица 14

Цвет стекла	Содержание сернистого кадмия	Содержание селенида кадмия
Желтый	100	—
Оранжевый	75	25
Красный	40	60
Темнорубиновый	10	90

В расплавленном состоянии рубиновое стекло бесцветно, в чем можно убедиться, быстро охлаждая в воде небольшую пробу стекла. Образование красного цвета происходит при медленном охлаждении стекла; чем медленнее охлаждение, тем темнее цвет стекла. Этим объясняется, что тонкостенные изделия (прессованные или выдувные), охлаждаясь быстрее толсто-стенных, имеют менее интенсивное окрашивание.

Во время охлаждения стекла происходит образование вышеупомянутых окрашенных частиц, которые придают стеклу красный цвет.

Трудность получения селенового рубинового стекла состоит в том, что красители — селен и сернистый кадмий — летучи и при несоблюдении надлежащего теплового режима могут „выгореть“, т. е. вместо красного стекла получится бесцветное. Кроме того красители могут окислиться, что также может повести к получению бесцветного стекла; поэтому введение в шихту таких окислителей, как селитра и сульфат, не рекомендуется. Варка красного стекла должна производиться в восстановительных условиях, для чего в шихту селенового рубина вводятся восстановители: металлическая сурьма, винная кислота и уголь.

Температура варки рубинового стекла в зависимости от его состава может колебаться от 1350 до 1450°.

Селеновый рубин следует варить при возможно низкой температуре, которая допускает хороший провар и очистку стекла. Относительно режима варки существуют различные мнения.

Некоторые считают, что засыпка шихты должна производиться при низкой температуре, а затем, во время провара и очистки, температура может быть поднята до 1470° без опасности выгорания красителей.

На заводе „Красный луч“³⁷ засыпка шихты производится большими порциями в 2—3 приема при прекращении подачи в печь газа и воздуха. К концу засыпки температура падает до 1140°. Варка стекла происходит при температуре 1450°, но во время очистки температура достигает 1470°. Проф. Китайгородский рекомендует производить засыпку шихты селенового рубина при 1200—1260° при восстановительной атмосфере печи, а очистку — при 1440°. Низкая температура засыпки рекомендуется с целью уменьшения улетучивания красителей (селена и сернистого кадмия). Большая часть селена выгорает в первый период варки.

После провара шихты улетучивание красителей из стекла незначительно.

Варгин³⁴ рекомендует производить засыпку шихты небольшими порциями в хорошо разогретый горшок при температуре 1300—1350° при умеренно восстановительной атмосфере. Он указывает, что при продолжительном выдерживании селенового рубина при высокой температуре красители выгорают, и стекло получается бесцветным.

Некоторое несоответствие режимов, рекомендуемых разными

авторами, можно объяснить тем, что они работали с разными составами стекол. Для каждого состава стекла требуется свой режим варки. Например для легкоплавкого состава, который рекомендуется Варгиным (табл. 13), совершенно не требуется температура очистки выше $1350-1380^{\circ}$. В то же время для стекла завода Корнинга (табл. 13) температура очистки $1440-1450^{\circ}$ является нормальной. На заводе „Красный луч“ повышение температуры очистки вызвано необходимостью, так как стекло варится в многогоршковой печи совместно с тугоплавкими стеклами; это же стекло хорошо очищалось при температуре $1400-1420^{\circ}$. Повышение температуры варки вызвало введение в шихту увеличенного количества красителей (см. в табл. 11 — состав селенового рубина Института стекла и завода „Красный луч“).

Таким образом режим варки селенового рубина зависит от основного состава стекла. При повышении температуры варки количество вводимых в шихту красителей (селена и сернистого кадмия) увеличивается.

Состав стекла и шихты для синей вставки „стоп“ машины ЗИС-101 дан в табл. 15.

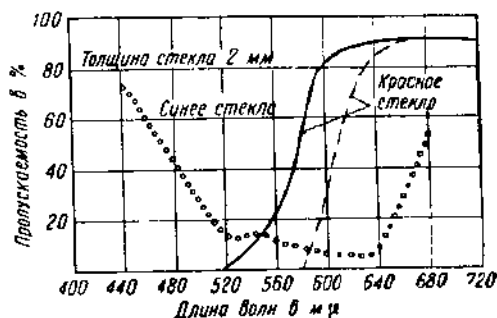


Рис. 65. Кривые пропускания стекол „стоп“

Таблица 15

Состав стекла (в %)	Состав шихты (в кг)
Кремнекислота 73,0	Песок 147
Борный ангидрид 1,0	Бура 2,9
Оксид кальция 8,0	Мел 16,0
» натрия 12,5	Сода 43,6
Оксид калия 5,0	Сульфат 2,3
Закись кобальта 0,05	Закись кобальта 105 г

Светотехнические свойства стекол „стоп“. Пропускаемость света красного стекла „стоп“ не должна быть ниже 7%, синего — ниже 0,5%.

На рис. 65 дана пропускательность красных и синего стекол для разных длин волн.

**Опаловое стекло для подфарников и плафонов
для внутреннего освещения автомобиля**

Производство этих изделий разработано на заводе „Красный луч“.

По цвету стекло этих изделий сходно с опалесцирующим стеклом; оно отличается от молочного стекла большей прозрачностью. На внутренней стороне плафона нанесена рябь, которая усиливает светорассеяние.

Состав стекла и режим варки. В табл. 16 приведен состав стекла для плафонов и подфарников.

Таблица 16

Состав стекла (в %)		Состав шихты (в кг)	
Кремнекислота	60,0	Песок	49,2
Борный ангидрид	0,86	Разорит	1,06
Оксид алюминия	11,5	Глинозем	8,52
» кальция	0,51	Гипс	0,75
» свинца	9,94	Сурик свинцовый	8,50
» магния	0,04	Сода	13,3
» натрия	11,93	Криолит	3,65
» калия	2,65	Селитра	4,62
Фтор	2,44	Перекись марганца (в г)	120

Для варки стекла применяется тихвинский глинозем следующего состава: Al_2O_3 — 97,62, Fe_2O_3 — 0,042 и K_2O — 1,13%; потеря при прокаливании — 1,25%.

Для получения хорошего стекла рекомендуется следующий режим варки и отжига³⁹:

1. Характер пламени в печи желателен слабо восстановительный. При окислительном пламени глушитель выгорает быстрее.

2. Температура первой засыпки желательна ниже 1400°, максимальная температура варки — не выше 1450°.

3. Последующую засыпку следует производить, когда предыдущая полностью расплавится и на пробе, взятой на железку, будет 5—6 крупных пузырьков.

4. Бурлить стекло нельзя, так как при этом глушитель выгорает без остатка.

5. На малых горшках получить желаемое заглушение не удастся. Лучшие результаты получаются при диаметре горшка, равном 1 м и более.

6. Материалы шихты должны содержать минимальный процент влажности, так как последняя способствует выгоранию глушителя.

7. Применение обратного боя ослабляет глушение.

8. Выработка стекла должна производиться при температуре 1230—1250°.

9. Отжиг стекла должен производиться при 380—400°.

При данном режиме изменение в составе стекла приводило к следующим результатам:

1. Понижение содержания Al_2O_3 приводит к получению прозрачных стекол.
2. Увеличение содержания в стекле CaO и B_2O_3 уменьшает эффект глушения.
3. Увеличение содержания K_2O за счет Na_2O увеличивает степень глушения.
4. Введение в стекло даже небольших количеств MgO нарушает весь эффект глушения.
5. Замена окиси свинца окисью бария или окисью цинка ослабляет степень заглушения.
6. Отжиг стекла при температуре выше $380 - 400^\circ$ ослабляет глушение.

Светотехнические свойства стекла. Опаловое стекло обладает следующими свойствами:

1. Источник света не виден через стекло.
2. Оптические свойства стекла приведены в табл. 17.

Таблица 17

Стекло	Отражение (в %)	Поглощение (в %)	Пропускание (в %)
Импортное	13,15	60,12	26,73
Завода «Красный луч»	14,28	60,22	25,5

Линзы Френеля для железнодорожной сигнализации

Автоматическая сигнализация (автоблокировка) обеспечивает безопасность движения на железнодорожном транспорте. Сущность автоблокировки состоит в следующем. Железнодорожное

полотно разбивается на ряд участков (рис. 66). Каждый участок рельсов изолируется от других в стыках. Изолированный участок рельсов соединен с путевым реле и источником электроэнергии. При отсутствии на данном перегоне поезда реле зажигает в светофоре зеленый сигнал, означающий, что путь свободен. При появлении поезда скаты паровоза замыкают ток между рельсами, и тогда реле включает красный сигнал, указывающий на то, что путь на данном перегоне занят⁴⁰.

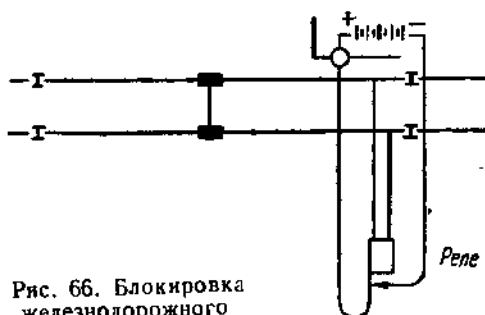


Рис. 66. Блокировка железнодорожного полотна

Одним из основных элементов автоблокировки является светофор, производящий сигнализацию. Светофор, принятый на дорогах СССР, состоит из кожуха, источника света и оптической

системы, состоящей из двух ступенчатых линз Френеля: одной — цветной диаметром в 139 мм и одной — бесцветной диаметром в 212 мм (рис. 67).

Так как светофоры устанавливаются на высоких столбах, т. е. выше уровня глаз машиниста, то для обеспечения видимости сигнала на близком расстоянии между цветной и бесцветной линзами Френеля вставляется небольшая линза, отклоняющая часть светового потока вниз или в сторону на угол до 30° .

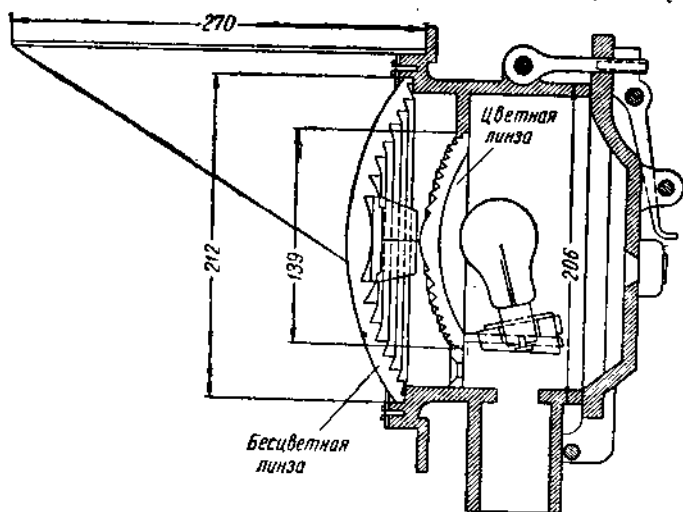


Рис. 67. Схематический разрез светофора, принятого в СССР

Назначение линз Френеля состоит в сообщении свету, излучаемому лампой, определенного направления. В случае применения плоского сигнального стекла свет будет распространяться в разные стороны, и на большом расстоянии от светофора в глаз машиниста попадет ничтожное количество световой энергии, так как она распределится по большой площади (рис. 68). Линзы Френеля весь свет, падающий на них от источника, собирают в параллельный пучок (рис. 69). Сила света в этом пучке будет одинакова как около светофора, так и на большом от него расстоянии. Параллельный пучок света получается только в том случае, когда его источник находится точно в фокусе линзы. Для этого источник света должен представлять собой светящуюся точку. Нить накала электролампы не может точно поместиться в фокусе линзы, и поэтому светофор дает не параллельный луч, а с небольшим рассеянием — от 3 до 7° .

Оптическая система линзы, собирающая свет в параллельный пучок, состоит из кольцевых призм, расположенных у бесцветной линзы на вогнутой стороне, а у цветной — на выпуклой. На рис. 70 дана схема цветной линзы.

Сила света в параллельном пучке или в пучке с небольшим

углом рассеяния в 600—1000 раз больше, чем в пучке, получаемом при прохождении света через плоское стекло такой же окраски. Это обеспечивает видимость сигнала в хорошую погоду за 8—10 км и при довольно густом тумане ночью—на расстоянии 740 м.

Для получения от светофора максимальной силы света требуется большая точность установки нити лампы в фонаре линзового комплекта. Правильная установка производится для каждого линзового комплекта на заводе. Линзы комплекта нельзя просто заменить, так как они прессованные, и следовательно отдельные экземпляры несколько отличаются друг от друга.

При замене хотя бы одной линзы нить лампы может оказаться не в фокусе комплекта.

Если хотя бы одна из линз комплекта будет разбита или будет поврежден патрон лампы, светофор должен быть заменен

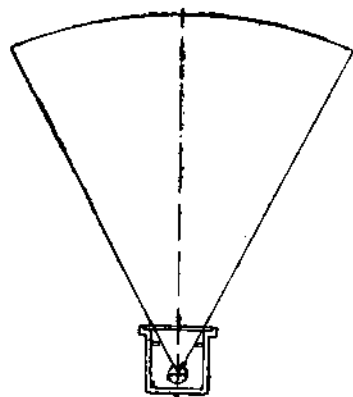


Рис. 68. Распределение света в светофоре с плоским стеклом

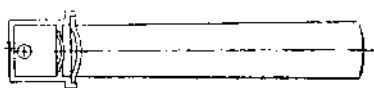


Рис. 69. Распределение света в светофоре с линзой Френеля

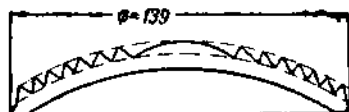


Рис. 70. Разрез линзы Френеля

новым, а неисправный отправлен на завод для замены линз и регулировки.

Особо строгие требования предъявляются к цвету линз Френеля.

Дело в том, что цвет сигнала в сильной степени зависит от погоды и времени суток. В ночное время туман изменяет характер сигнала светофора: зеленые сигналы желтеют, желтые приобретают оранжевый оттенок, красные же не меняют цвета, но становятся более темными. Это действие тумана объясняется следующим. Туман состоит из мельчайших водяных капель, которые часть света поглощают, а часть рассеивают. Наибольшему поглощению и рассеиванию подвергаются фиолетовые и синие лучи, отчего и происходит изменение цвета сигнала. Днем картина несколько осложняется, так как кроме поглощения и рассеяния света влияет также рассеяние солнечных лучей, ко-

торые, примешиваясь к сигналу, добавляют свой голубой свет. При смешении цвета прошедшего сквозь туман зеленого сигнала с голубым получается все тот же зелено-синий цвет сигнала. Желтый сигнальный цвет, смешиваясь с голубым рассеянным солнечным светом, дает небольшое изменение цвета. Красный сигнал под влиянием голубого приобретает оранжевый оттенок.

Для ослабления этих явлений необходимо, чтобы светофор (цветная система) пропускал узкие полосы спектра, сохраняя однако максимальное пропускание. Красное стекло должно пропускать только красные лучи. Желтое не должно пропускать много зеленых и по возможности меньше пропускать красных для того, чтобы увеличить контраст между красным и желтым цветами.

Состав стекол для линз Френеля и режим варки

Для автоблокировки на железных дорогах применяются красные, желтые, зеленые и синие линзы Френеля.

До 1931 г. линзы ввозились в СССР из США. В 1931—1932 гг. составы стекол линз Френеля и режим их варки и выработки были разработаны в Институте стекла, после чего промышленное производство этих стекол было поставлено на заводе им. 3-го коммунистического добровольческого отряда (ЗКДО).

В табл. 18, 19^{3а} и 20 даны составы этих стекол и их шихт.

Таблица 18

Составы стекол для линз Френеля фирмы Корнинг (в процентах)

Составные части стекла	Красное	Зеленое	Желтое	Бесцветное
Кремнекислота	66,82	73,03	63,45	62,0
Борный ангидрид	14,11	—	—	—
Оксид сурьмы	0,43	—	—	—
Селен	0,10	—	—	—
Двуокись титана	0,03	3,5	Следы	—
Серный ангидрид	—	—	—	0,53
Оксид алюминия	0,42	0,9	3,27	1,17
» железа	0,21	0,46	0,24	0,11
» марганца	—	—	—	0,15
» свинца	—	—	—	22,53
» цинка	9,4	—	—	—
» бария	—	—	16,9	—
» кальция	0,8	4,9	0,47	0,36
» магния	0,56	—	—	0,15
» меди	—	12	—	—
Сернистый кадмий	1,19	—	—	—
Оксид калия	0,40	0,45	1,09	1,35
» натрия	5,64	16,00	14,53	11,58

Таблица 19

Составы стекла для линз Френеля (завод ЗКДО) (в процентах)

Составные части стекла	Красное	Зеленое	Бесцветное
Кремнекислота	64,10	75,06	74,5
Борный ангидрид	12,59	—	—
Оксид сурьмы	0,39	—	—
» алюминия	—	1,00	0,5
» цинка	10,15	—	—
» кальция	0,75	5,04	8,5
» магния	0,53	—	—
» олова	0,29	—	—
» натрия	9,57	15,90	—
» калия	—	0,93	16,50
Сернистый кадмий	1,40	—	—
Закись кобальта	0,015	0,0015	—
Оксид меди	—	2,0	—

Таблица 20

Составы шихты для линз Френеля (завод ЗКДО) (в килограммах)

Составные части шихты	Красное	Зеленое	Желтое	Бесцветное
Лесок	64,1	71,5	72,5	72,7
Сода	16,3	27,2	29,0	27,2
Мел	1,35	9,0	12,0	15,1
Оксид цинка	10,15	—	—	—
Борная кислота	24,10	—	—	—
Сурьма металлическая	0,30	—	—	—
Сернистый кадмий	1,40	—	—	—
Селен металлический	1,40	—	—	—
Оксид магния	0,53	—	—	—
Оловянная соль	0,50	—	—	—
Закись кобальта	—	0,0015	—	—
Сульфат	—	2,0	0,5	0,5
Полевой шпат	—	5,5	4,0	2,7
Оксид меди	—	2,0	—	—
Плавиковый шпат	—	—	20	—
Каменный уголь	—	—	0,4	—

Для красного стекла проф. Китайгородский рекомендует следующий режим варки³⁰:

1. Вводить краситель, предварительно спекая селен с сернистым кадмием или с окисью цинка.

2. Шихта ни в коем случае не должна содержать окислителей.

Введение в шихту селитры приводит к получению бесцветного стекла.

3. Среда стекловаренной печи должна быть вначале варки восстановительной, а в конце — нейтральной.

4. а) Температура засыпки шихты — $1200-1210^{\circ}$.

б) Ход температурной кривой — без толчков, с равномерным ее повышением.

в) Максимальная температура варки — 1440° .

г) Длительность варки — 12—14 час.

д) После осветления быстрое снижение температуры до температуры выработки (1200°).

5. Режим варки допускает засыпку шихты в два приема, причем засыпку не следует затягивать. Можно рекомендовать бурление деревянной чуркой.

Зеленое стекло необходимо варить в окислительной атмосфере. Восстановители могут перевести окись меди в закись или даже в металлическую медь, отчего портится зеленый цвет стекла — стекло приобретает желтоватый тон. При большом количестве восстановителя вместо зеленого может получиться красное стекло — медный рубин. В шихту зеленого стекла рекомендуется вводить окислитель — селитру.

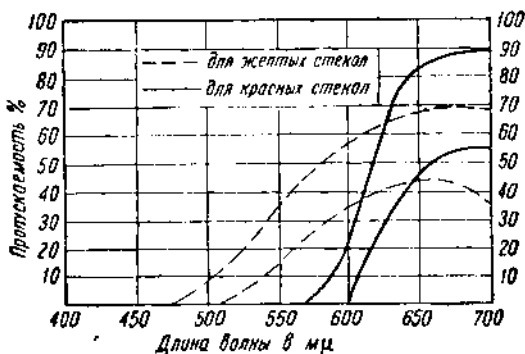


Рис. 71. Кривые пропускания желтых и красных стекол для линий Френеля

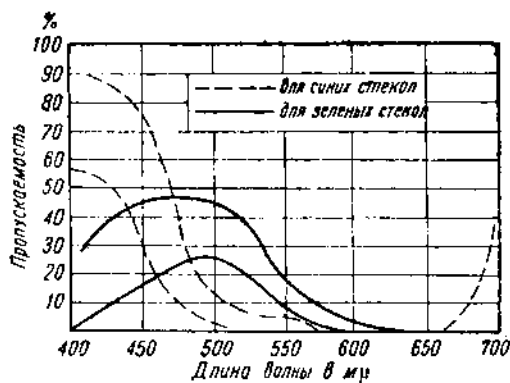


Рис. 72. Кривые пропускания синих и зеленых стекол

Хорошее синее стекло получается при любом режиме, так как окись кобальта — очень устойчивый краситель.

Желтое стекло на заводе ЗКДО варится в окислительных условиях при большой добавке угля. Это стекло хорошо получается и при варке в восстановительной атмосфере, но при этом трудно поддерживать высокую температуру, необходимую при очистке стекла.

Основные технические нормы для линз Френеля

1. Линзы и рассеивающие стекла должны быть изготовлены из стекла, имеющего коэффициент преломления не менее 1,5. Стекло должно быть устойчивым по отношению к атмосферным влияниям. Линзы не должны лопаться при естественных колебаниях температуры наружного воздуха от -50 до $+60^{\circ}$, не должны мутнеть и увеличивать поглощение под влиянием солнечного света.

2. На рис. 71 даны кривые пропускания желтых и красных сигнальных стекол, а на рис. 72—синих и зеленых. Только стекла, кривые пропускания которых соответствуют указанным пределам, могут быть приняты. Стекла, оптическая характеристика которых не соответствует этим нормам, бракуются.

3. Линзы и вставка должны иметь следующие размеры (в миллиметрах):

	Диаметр	Допуски
Большая бесцветная линза	212	$\left\{ \begin{array}{l} +0,2 \\ -0,7 \end{array} \right.$
Малая цветная линза	139	$\left\{ \begin{array}{l} +0,2 \\ -0,7 \end{array} \right.$
Отклоняющая вставка бесцветная	57	$\left\{ \begin{array}{l} +0,2 \\ -0,5 \end{array} \right.$

Плоскости линз, прилегающие к линзовому кольцу, не должны давать перекоса более 0,4 мм.

Увиолетовые стекла

Стекла, пропускающие ультрафиолетовые лучи

Ультрафиолетовая область спектра включает в себя лучи с длиной волн от 10 до 380 мμ. Выяснено, что часть этих лучей, а именно лучи с длиной волн от 280 до 320 мμ, наиболее благотворно действует на растительные и животные организмы; эти лучи получили название биологических или лучей жизни.

От солнца до поверхности земли доходят ультрафиолетовые лучи с длиной волн больше 280 мμ. Лучи с длиной волн меньше 280 мμ поглощаются атмосферой.

Искусственными источниками ультрафиолетовых лучей служат: вольтова дуга, кварцево-ртутная лампа, водородные трубки и др. Эти источники излучают лучи, длина волн которых достигает 180 мμ.

Современная медицина широко использует ультрафиолетовые лучи для лечения разных болезней. Эти лучи используются при приготовлении витаминных препаратов и многих других целей.

Во многих случаях работы с ультрафиолетовыми лучами требуется стекло, пропускающее эти лучи. Обычное оконное и зеркальное стекла поглощают биологические лучи; поэтому для указанных целей необходимо стекло специального состава. Такие стекла, пропускающие ультрафиолетовые лучи, носят название увиолетовых.

Бесцветное увиолевое стекло по внешнему виду ничем не отличается от обычного стекла — оконного или хрустального. Определить, пропускает ли стекло ультрафиолетовые лучи или нет, можно только при помощи специальных приборов — спектрографа или монохроматора, оптика которых изготавливается из прозрачного кварца, пропускающего ультрафиолетовые лучи.

На рис. 73 дана схема устройства спектрографа. В точке 1 помещают источник света, дающий большое количество ультра-

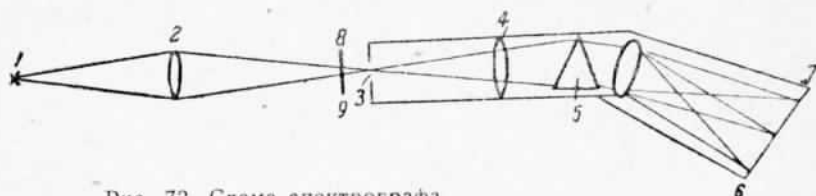


Рис. 73. Схема спектрографа

фиолетовых лучей: вольтову дугу, кварцево-ртутную лампу, водородную трубку или искру. Линза 2 направляет лучи на щель 3 спектрографа, через которую свет проникает в прибор. Линза 4 дает параллельный пучок света на призму 5, которая разлагает свет в спектр. Спектр света фотографируется на пластинку, находящуюся в кассете в плоскости 6—7. На одну пластинку можно снять до 20 спектров. Фотографии спектров располагаются на пластинке рядом друг с другом.

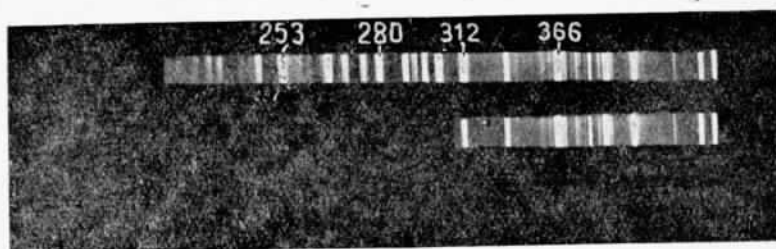


Рис. 74. Спектры: верхний — кварцевой горелки, нижний — света кварцевой лампы, прошедшего через стекло

Сначала снимают на пластинку спектр источника света. Затем передвигают кассету и в плоскость 8—9 ставят стекло. Теперь на пластинке сфотографируется свет, который пройдет через стекло, а лучи, поглощенные стеклом, на фотопластинке не оставят никакого следа.

На рис. 74 верхний спектр принадлежит источнику света — кварцевой лампе, а нижний представляет собой спектр света кварцевой лампы, прошедший через стекло. В спектре света, прошедшего через стекло, лучи с длиной волны короче 312 мμ не дали почернения на пластинке, следовательно стекло поглощило большую часть биологических лучей.

Фотографирование спектров дает только приближенное суждение о качестве стекла. Те лучи, которые прошли через стекло и дали почернение фотопластинки, не обладают той силой, которой обладают лучи, не прошедшие через стекло, так как последнее частично их [ослабляет — поглощает. Количественное определение пропускаемости стекла для ультрафиолетовых лучей основывается на свойстве фотопластинки изменять степень почернения в зависимости от количества

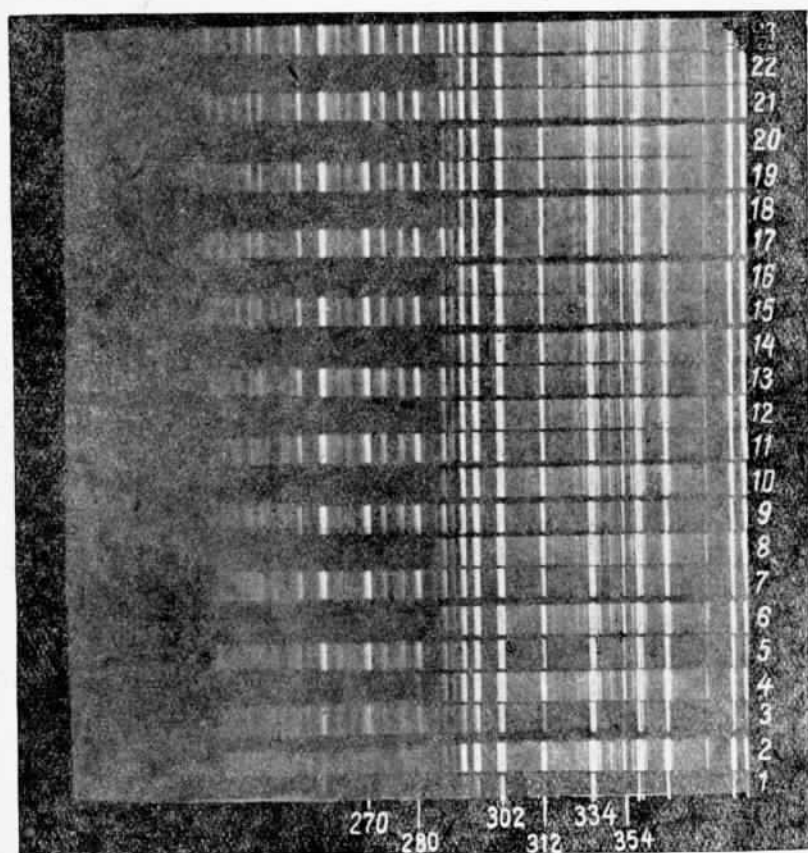


Рис. 75. Количественное определение пропускаемости стекла в ультрафиолетовой части спектра

падающей на нее световой энергии. Сняв на фотопластинку спектр источника света и спектр того же света, но прошедшего через стекло, определяют почернение, произведенное той или иной длиной волны, и по степени почернения вычисляют пропускаемость стекла.

Определение степени почернения производится на микрофотометре весьма сложного устройства.

Более простой метод определения пропускаемости состоит в следующем. Снимают на фотопластинку спектр света, прошедшего через стекло, и рядом — спектр света, прошедшего через металлическую сетку, которая заранее прокалибрована на поглощение света (рис. 75). Сетки выбираются с таким расчетом, чтобы они имели разную пропускаемость света — от 1 до 90%.

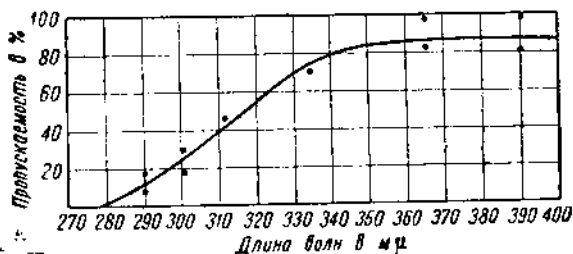


Рис. 76. Кривая пропускаемости стекла в ультрафиолетовой части спектра

Спектр № 1 представляет собой спектр источника света, прошедшего через сетку, пропускаемость которой равна 1%. Спектр № 2 является спектром света, прошедшего через стекло. Если сравнить спектр № 1 со спектром № 2, то обнаружится, что луч с длиной волны в 280 мμ произвел одинаковое почернение фотопластинки как в спектре № 1, так и в спектре № 2. Стекло пропускает 1% световой энергии луча с длиной волны в 280 мμ. Лучи с другой длиной волны, например в 334 мμ, дают в спектре стекла № 2 почернение пластинки более сильное, чем в спектре № 1. Это означает, что стекло пропускает энергию светового луча с длиной волны в 312 мμ больше чем 1%. Для определения пропускаемости луча с длиной волны в 312 мμ следует сравнить почернение его с почернением этой же линии в спектре света, прошедшего через другую сетку; в данном случае — со спектром № 15, который прошел через сетку, пропускающую 40% света.

Результаты измерений для каждой длины волны наносятся на диаграмму (рис. 76).

При соединении отдельных точек пропускаемости для каждой длины волны получится кривая пропускаемости стекла для ультрафиолетовых лучей.

Для длины волны в 302 мμ пропускаемость стекла составляет 25%, в 354 мμ — 85%, и для длины волны в 270 мμ пропускаемость равна нулю. Такая кривая пропускаемости полностью

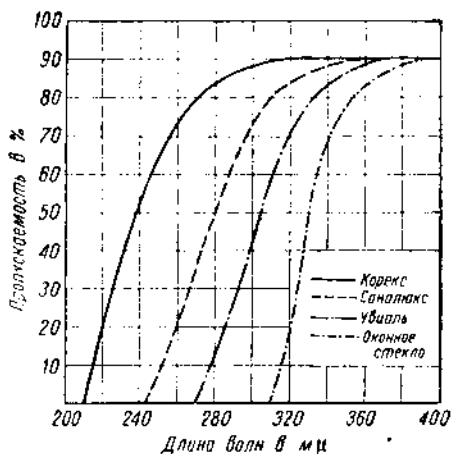


Рис. 77. Кривые пропускаемости стекол в ультрафиолетовой части спектра

характеризует стекло, и, имея такую кривую, можно с уверенностью судить о качестве стекла.

За границей разные фирмы вырабатывают разные типы стекол, пропускающих ультрафиолетовые лучи. На рис. 77 представлены кривые пропускаемости увиолевых стекол. Стекло корекс пропускает наиболее короткие ультрафиолетовые лучи.

Это стекло очень хорошо пропускает биологические лучи. Если загорать на веранде, остекленной стеклом корекс, и непосредственно на солнце, то не будет почти никакой разницы,

Состав стекла корекс следующий (в процентах):

Пятиокиси фосфора . . .	66,45	Окиси алюминия . . .	0,37
Окиси кальция . . .	25,16	» магния . . .	0,60
Борного ангидрида . . .	4,63	» натрия . . .	0,56
Кремнекислоты . . .	2,12		

Это стекло очень неустойчиво к воздействию атмосферных условий, оно быстро тускнеет, легко царапается и легко растворяется в соляной кислоте.

Способ производства стекла корекс засекречен фирмой, вырабатывающей это стекло, и технологический процесс его выработки неизвестен.

Состав увиолевого стекла и режим его варки

Наилучшей пропускаемостью ультрафиолетовых лучей обладает прозрачный кварц, который, за исключением очень небольших примесей, не превышающих долей процента, по составу представляет собой чистый кремнезем. Кварцевое стекло является идеальным в тех случаях, когда требуется хорошая пропускаемость ультрафиолетовых лучей. Из кварцевого стекла изготовляются ртутные лампы (горное солнце), которые применяются для лечебных целей. Наблюдения показали, что ультрафиолетовые лучи поглощаются и рассеиваются атмосферой. Чем выше местность над уровнем моря, тем больше до нее доходит ультрафиолетовых лучей. На высоких горах солнечный свет наиболее богат ультрафиолетовыми лучами и производит на организм наиболее сильное действие. Действие кварцево-ртутной лампы сходно с действием солнца в горах, и потому такая лампа получила название горного солнца.

Производство кварцевого стекла представляет значительные трудности и обходится дорого. В качестве сырья для производства кварцевого стекла служит прозрачный горный хрусталь. Плавка кварца производится в электрической печи при высокой температуре (1700—2000°).

Даже лучшие сорта увиолевых стекол пропускают ультрафиолетовые лучи значительно слабее кварца. Пропускаемость в ультрафиолетовой области спектра зависит от состава стекла. Выяснено, что стекла, пропускающие ультрафиолетовые лучи, не должны содержать следующих окислов: окиси и закиси железа, окиси свинца, окиси церия, окиси ванадия, окиси урана, окиси хрома, окиси меди и других окрашивающих окислов.

Обычное бесцветное стекло загрязнено главным образом окислами железа, которые попадают в него с сырыми материалами.—песком, мелом и др. Некоторые пески содержат также ничтожные примеси окиси хрома. Такие пески непригодны для изготовления увиолевого стекла. Кроме того окислы железа переходят в стекло из огнеупорных материалов, в которых варится стекло. Поэтому массу для изготовления горшков или ванн брусьев следует готовить из материалов, содержащих минимальное количество окислов железа. В хорошем увиолевом стекле содержание окислов железа не должно превышать 0,01%. Обычное оконное стекло с содержанием окислов железа в 0,1—0,2% поглощает все короткие биологические лучи. Железо может быть в стекле в виде двух окислов: закиси FeO и окиси Fe_2O_3 . Закись железа почти в 100 раз слабее поглощает ультрафиолетовые лучи, чем окись железа⁴¹. Поэтому при варке увиолевого стекла стремятся перевести окись железа в закись, для чего в шихту вводят восстановители: уголь, графит, крахмал, металлический алюминий, олово и др. Восстановитель отнимает часть кислорода у окиси железа и переводит ее в закись. Варка увиолевого стекла производится в восстановительном (коптящем) пламени.

Вначале стекло, сваренное с восстановителем, может показывать хорошую пропускаемость, но под действием ультрафиолетовых лучей пропускаемость его снижается иногда на 30%. Есть основание полагать, что под действием солнечного света в стекле происходит переход закиси железа в окись, что вызывает увеличение поглощения ультрафиолетовых лучей. Процесс уменьшения пропускаемости ультрафиолетовых лучей под действием освещения называется соларизацией.

Для изготовления увиолевого стекла, пропускающего ультрафиолетовые биологические лучи, пригодны любые составы бесцветных стекол, не содержащие окислов, поглощающих ультрафиолетовые лучи, в частности составы оконных и зеркальных стекол.

В табл. 21 приведены составы (в процентах) некоторых увиолевых стекол, взятые из работ разных авторов.

Таблица 21

Компонент	№ стекла			
	1	2	3	4
Кремнекислота	73	73	73,95	48,3
Борный ангидрид	—	—	—	23,1
Окись цинка	3	—	—	—
» кальция	6	9	—	—
» калия	—	—	5,82	17,0
» натрия	18	18	16,63	10,3
» олова	—	—	—	—
» магния	—	—	3,6	—

Увioletовое стекло применяется для остекления больниц, санаториев, оранжерей, парников, инкубаторов и других помещений. Из этого стекла изготавливаются колбочки для электроламп, применяемых для лечебных целей.

Черное увioletовое стекло

В последнее время в науке и практике стал широко применяться люминисцентный анализ. Суть этого анализа состоит в том, что при освещении определенного вещества ультрафиолетовыми лучами оно начинает светиться, и по характеру этого свечения можно узнать, с каким веществом приходится иметь дело.

Значение этого свойства можно пояснить следующими примерами. Строитель обследует здание и не знает, заражено ли дерево грибом или нет. Ему приходят на помощь ультрафио-

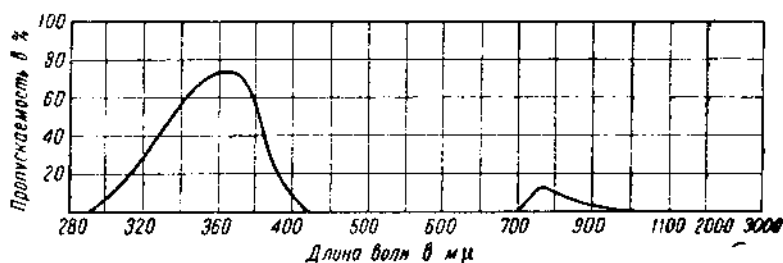


Рис. 78. Кривая пропускания черного увioletового стекла Шотта марки G-7

летовые лучи. Дерево освещается в темноте ультрафиолетовыми лучами, и если дерево заражено грибом, то грибок начинает светиться; если грибка в дереве нет, то свечения не наблюдается. При помощи ультрафиолетовых лучей можно определить качество продуктов питания, например заражение рыбы гнилостными бактериями. Геолог может очень быстро определить, содержится ли в руде тот или другой элемент. Для этого руда в темноте освещается ультрафиолетовыми лучами, и по цвету свечения определяют, какие элементы находятся в руде. Можно еще перечислить много областей применения люминисцентного анализа, например при помощи ультрафиолетовых лучей можно обнаружить подделку документа и т. д.

Освещение предметов при люминисцентном анализе должно происходить в темноте. Однако нет таких источников света, которые излучали бы только одни ультрафиолетовые лучи. Поэтому для создания темноты надо поглотить видимый свет, излучаемый источником. Для этой цели служат черные стекла, пропускающие ультрафиолетовые лучи. Кривая пропускания такого стекла показана на рис. 78.

Это стекло пропускает очень незначительное количество фиолетовых и красных лучей. В проходящем дневном свете

оно имеет темнофиолетовое окрашивание. Наибольшую пропускаемость это стекло имеет для лучей с длиной волны в 360 — 370 мμ, короткие же ультрафиолетовые лучи (до 300 мμ) оно поглощает. Такое стекло и применяется для люминисцентного анализа. Изготавливается оно фирмой Шотта и в СССР — Изюмским заводом.

В табл. 22 приведены лабораторные составы (в процентах) черных увиолевых стекол, заимствованные из разных работ 30, 42, 44.

Таблица 22

Составные части стекла	№ стекла		
	1	2	3
Кремнекислота	50	72	78
Окись калия	15	—	—
» бария	25	—	—
» натрия	—	16	18
» кальция	—	10	—
Закись никеля	9	3	4

Промышленные составы фирмами, изготавливающими это стекло, не опубликованы.

Как видно из таблицы, для поглощения видимых лучей в стекло вводится закись никеля NiO. Так же как и для прозрачных увиолевых стекол, для черного увиолевого стекла должны применяться сырые материалы, содержащие очень малый процент окислов железа — не более 0,1%, так как они сильно поглощают ультрафиолетовые лучи. В это стекло не должно вводиться и других окислов, поглощающих ультрафиолетовые лучи, а именно: окисей церия, свинца, урана, меди, хрома и ванадия.

Поэтому все сырые материалы и окись никеля перед варкой стекла необходимо подвергать анализу.

Введение в никелевое стекло восстановителей с целью перевода окиси железа в закись и увеличения пропускаемости ультрафиолетовых лучей не представляется возможным, так как никель восстанавливается до металла и в стекле образуются шарики металлического никеля. Наличие металлических включений в стекле недопустимо, так как оно вызывает его растрескивание.

Вырабатывать никелевое стекло можно выдуванием, прессовкой и прокаткой.

Выдуванию стекло поддается с большим трудом: снаружи оно очень быстро застывает, а внутри остается жидким, вследствие чего толщина стенок изделий получается очень неравномерной. Прессовка и прокатка этого стекла никаких затруднений не вызывают. Плоские стекла небольших размеров (диаметром до 300 мм) легко могут быть выработаны прессовкой с последующей шлифовкой и полировкой. Стекло больших размеров целесообразнее вырабатывать прокаткой.

Стекла, пропускающие инфракрасные лучи

Невидимые инфракрасные лучи спектра используются для весьма разнообразных целей.

Из практических применений инфракрасных лучей наиболее замечательным является фотография в этих лучах. На пластинках, чувствительных к инфракрасным лучам, можно ночью снять город, пароход, расположение лагеря, пользуясь более или менее нагретыми частями снимаемого объекта⁴⁵.

Прием сигналов во время дождя, тумана и гроз является весьма затруднительным, так как видимые и электрические радиоволны мало пригодны в этих случаях. Инфракрасные волны проникают сквозь туманы и дожди лучше, чем видимые лучи, и не подвержены в то же время действию электрического состояния атмосферы, как радиоволны. Кроме того сигнализация невидимыми лучами особенно необходима в военном деле в целях маскировки.

Существуют телефоны и телеграфы, работающие на инфракрасных лучах. Их преимущество перед радио состоит в том, что они работают в строго определенном направлении, что обеспечивает секретность передачи.

Инфракрасные лучи используются для устройства невидимого ограждения, прохождение через которое сопровождается автоматическим сигналом в сторожевом пункте⁴⁶.

В 1918 г. французским флотом эта система была испытана с хорошим результатом для сигнализации о минах и легких морских судах, проникающих через входы в порт или морское ограждение.

Дальность действия приборов, работающих на инфракрасных лучах, достигает 28 км.

Для всякой установки, работающей на инфракрасных лучах, необходим прибор, излучающий эти лучи. Ламп, излучающих только инфракрасные лучи, не имеется. Почти каждый источник света излучает наравне с инфракрасными видимые и ультрафиолетовые лучи, которые в приборах, работающих на инфракрасных лучах, являются ненужными, а во многих случаях — даже вредными. Чтобы получить только одни инфракрасные лучи, надо белый свет, излучаемый источником, пропустить через вещество, которое поглощает ультрафиолетовые и видимые лучи, а инфракрасные пропускает. Обычно в качестве такого вещества применяется черное стекло, называемое марблитом, и иногда — окрашенные органические пленки.

Органические пленки обладают рядом недостатков: они горючи, и их окраска изменяется с течением времени — происходит так называемое выцветание. Стекло этих недостатков не имеет.

Схематически источник инфракрасных лучей изображен на рис. 79.

Лампа 1 или вольтова дуга помещается в непросвечивающем кожухе 2. Перед источником света устанавливается марблитовое (черное) стекло 3, пропускающее инфракрасные лучи.

Для увеличения коэффициента полезного действия прибора с внутренней стороны кожуха устанавливается зеркальный отражатель; получается прожектор, который «светит» невидимыми инфракрасными лучами.

Коэффициент полезного действия прибора зависит от пропускаемости стекла.

Существуют два способа определения пропускаемости стеклами инфракрасных лучей. По первому способу измеряется общая пропускаемость для лучей всех длин волн, по второму измеряется пропускаемость стекла для большинства длин волн и затем вычерчивается кривая пропускаемости по всему инфракрасному спектру.

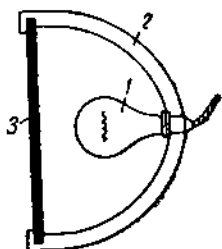


Рис. 79. Источник инфракрасных лучей

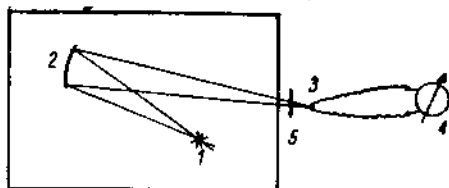


Рис. 80. Схема прибора для определения суммарной пропускаемости инфракрасных лучей

Общая пропускаемость инфракрасных лучей определяется следующим образом. Лучи, испускаемые источником света 1 (рис. 80), направляются зеркалом 2 на спай термопары 3. От нагревания в спае термопары возникает электрический ток, который производит отклонение стрелки гальванометра 4. Затем пересекают ход лучей испытуемым стеклом 5. Теперь на спай термопары падают только лучи, не поглощенные стеклом. В этом случае стрелка гальванометра отклонится на меньшее количество делений, и по отклонению ее вычисляется процент пропускаемости стекла.

Например стрелка гальванометра без преграждения света стеклом отклонилась на 50 делений, а со стеклом — на 30 делений; пропускание составляет:

$$\frac{30 \cdot 100}{50} = 60\%.$$

Для определения пропускаемости для каждой длины волны требуется более сложный прибор — спектрометр. На рис. 81 изображена схема устройства спектрометра, изготовляемого фирмой Гильгер.

Источником инфракрасных лучей является стержень В лампы Нернста. Вогнутое зеркало M_1 из нержавеющей стали дает изображение на щель F, против которой помещают исследуемую пластинку L; M_2, M_3 и M_4 — зеркала из нержавеющей стали;

рассеивающая призма P из каменной соли помещается на подставке, вращающейся вокруг вертикальной оси при поворачивании винта с горизонтальной осью, барабан которого проградуирован в длинах волн.

Изображение щели получается на спаяе термоэлемента S , соединенного с гальванометром G . Измеряют отклонения гальванометра G при наличии стеклянной пластинки перед щелью F и без нее.

Отношение отклонений дает коэффициент пропускаемости для длины волны, отмеченной на барабане ⁴⁷.

Направление на термоэлемент S определенной длины волны спектра производится поворотом рассеивающей призмы P .

Поясним определение пропускаемости примером. На спай термоэлемента направлена волна длиной в $0,9 \mu$. Отклонение гальванометра при свете, не пересеченном стеклом, равно 9 делениям и при прохождении света через стекло — 3,6 деления. Пропускаемость стекла для длины волны в $0,9 \mu$ равна:

$$\frac{3,6 \cdot 100}{9,0} = 40\%.$$

Коэффициент пропускания равен:

$$\frac{3,6}{9,0} = 0,4.$$

Затем, направив на термоэлемент волну, равную 1μ , определяют ее пропускаемость таким образом. Данные измерений наносят на диаграмму, соединяют отдельные точки и получают кривую пропускаемости стекла для всех длин волн инфракрасного спектра.

На рис. 82 показана кривая пропускаемости стекла КС-12 Изюмского завода. Для видимых лучей пропускаемость равна нулю, отчего стекло имеет черную окраску. Наибольшую пропускаемость стекло имеет в области от $1,2$ до $2,8 \mu$. От $0,7$ до $1,2 \mu$ пропускаемость увеличивается от нуля до 90% . Если через это стекло смотреть на солнце или на электролампу, то через него виден темнокрасный диск или нить накала, что указывает на пропускание этим стеклом очень незначительного процента видимых темнокрасных лучей. Пропускаемость стекла для лучей с длиной волн в $0,8 \mu$ — 12% , для $0,9 \mu$ — 30% . Идеальным было бы стекло с кривой пропускаемости, указанной на рис. 82 пунктиром. Но такого стекла пока еще получить не удалось, и на практике приходится пользоваться марблитом-

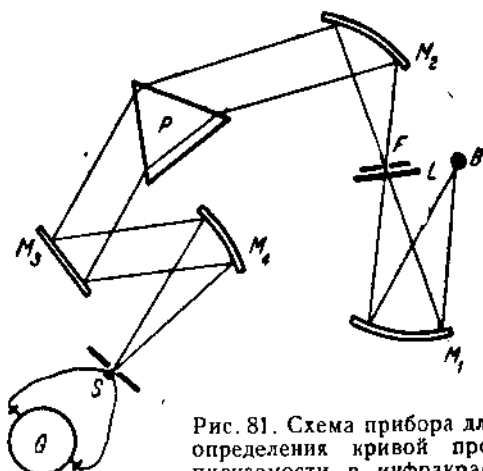


Рис. 81. Схема прибора для определения кривой пропускаемости в инфракрасной области спектра

вым стеклом, которое сильно поглощает короткие инфракрасные лучи ($0,8 - 1 \mu$), что уменьшает коэффициент использования энергии источника света.

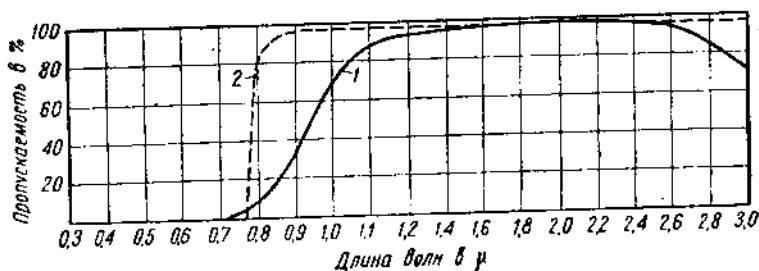


Рис. 82. Кривые пропускания:

1 — стекла КС-12 Изюмского завода, 2 — идеального светофильтра

Состав и режим варки стекол, пропускающих инфракрасные лучи

Применение стекла, пропускающего инфракрасные лучи, для военных целей очевидно послужило причиной слабого освещения вопросов, касающихся состава и технологического процесса производства этих стекол.

Наиболее полное исследование пропускания стекол в видимой инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра произвели Гельгоф и Томас⁴⁴. Они показали, что пропускание инфракрасных лучей зависит от состава стекла: одни стекла хорошо пропускают инфракрасные лучи, другие их поглощают.

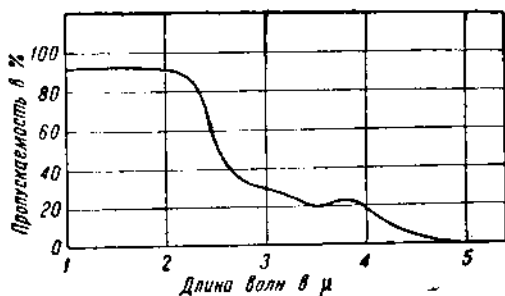


Рис. 83. Кривая пропускания зеркального стекла

Наибольшим поглощением инфракрасных лучей обладают стекла, содержащие окислы железа, причем закись железа обладает значительно большим поглощением, чем окись.

Стекла с окисью меди сильно поглощают короткие инфракрасные лучи — от $0,78$ до $1,5 \mu$. Введение в стекло окиси ванадия дает сильное поглощение — около 1μ .

Поглощение инфракрасных лучей вызывают также окись никеля и окись кобальта.

Обычное зеркальное или оконное стекло хорошо пропускает тепловые лучи с длиной волны до $2,5 \mu$. Кривая пропускания зеркального стекла дана на рис. 83.

На рис. 84 видно, что по мере увеличения содержания в стекле окиси марганца пропускание видимого света уменьшается. Кривая 1 показывает пропускание стекла, содержащего 1% окиси марганца; это стекло пропускает все видимые лучи, но не в одинаковой степени: пропускание для красных лучей—62%, фиолетовых—53%, желтых—50% и зеленых—45%. Стекло больше всего пропускает красные и фиолетовые лучи и поэтому окрашено в красновато-фиолетовый цвет. Стекло, в состав которого введено 15% окиси марганца (кривая 4), почти не пропускает видимого света. Это стекло толщиной в 1 мм пропускает только 2% темнокрасных лучей; при толщине в 2 мм это стекло будет пропускать 0,04%, т. е. практически будет поглощать весь видимый свет. Если теперь сравнить пропускание в инфракрасной области спектра, то для стекла с 1% окиси марганца (кривая 5) и стекла с 12% окиси марганца (кривая 6) пропускание является почти одинаковым.

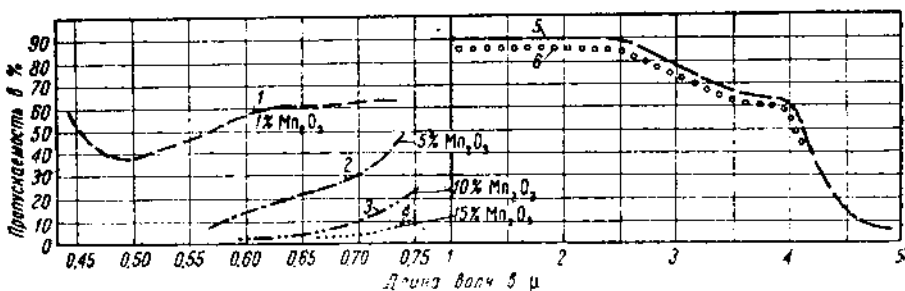


Рис. 84. Пропускание стекол, окрашенных окисью марганца

Следовательно стекло, содержащее большой процент окиси марганца (до 15%), полностью поглощает видимый свет, оставаясь прозрачным для инфракрасных лучей. Такое черное стекло носит название марблита и применяется для приборов, работающих на инфракрасных лучах.

В табл. 23 указаны составы марблитовых стекол, заимствованные из работы Гельгофа и Томаса ⁴⁴ и патентов Тейлора ⁴⁹.

Таблица 23

Составные части стекла	№ стекла		
	1	2	3
Кремнекислота	67	46	37
Окись свинца	—	33	45
» натрия	18	—	4
» калия	—	14	2
» марганца	15	6	12
» хрома	—	1	—

Оксид марганца Mn_2O_3 вводится в стекло в виде пиролюзита MnO_2 , представляющего собой черный порошок, MnO_2 при 500° разлагается на Mn_2O_3 и кислород. Варка марблитового стекла должна производиться в окислительной атмосфере, и в шихту следует вводить селитру (3—4 кг на 100 кг стекла). Восстановительное (коптящее) пламя или введение в шихту восстановителей (угля, муки, металлических порошков) приводит к получению неравномерно окрашенных или — при большом количестве восстановителей — даже почти бесцветных стекол⁴⁸.

Ослабление окраски стекла объясняется тем, что оксид марганца, сообщая окраску, легко переходит в закись марганца MnO , которая не окрашивает стекла. Переход окиси марганца в закись наблюдается даже в том случае, когда в шихту вводится селитра. Дымовые газы, воздействуя на верхний слой стекла, находящегося в горшке, ослабляют его окраску. Конвекцией более слабо окрашенный слой распределяется в массе стекла, отчего в отполированном тонком слое стекла можно обнаружить неравномерности окраски.

Введение в шихту хромпика $K_2Cr_2O_7$ усиливает окрашивающую способность окиси марганца. Из табл. 22 видно, что для получения одной и той же интенсивности окрашивания в стекло № 3 (без хромпика) введено в два раза больше пиролюзита, чем в стекло № 2. Это объясняется тем, что хромпик, разлагаясь при высоких температурах, выделяет кислород, который окисляет бесцветную закись марганца в окись.

Марблитовое стекло можно вырабатывать любым способом — выдуванием, прессовкой и прокаткой. Стекла, выработанные прессовкой и прокаткой, подвергаются шлифовке и полировке.

Защитные стекла

Ультрафиолетовые, видимые и инфракрасные лучи используются человеком для самых разнообразных целей. Для лучшего использования энергии источников света стремятся к созданию стекол, пропускающих максимальное количество тех или иных лучей. Во многих случаях, наоборот, требуется ослабление интенсивности источника света или полное поглощение какой-либо части спектра. Всем известно, что на солнце можно смотреть только через черное или закопченное стекло, иначе можно ослепнуть. Нельзя также долго смотреть незащищенными глазами на вольтову дугу, кварцевую лампу или мощную лампу накаливания. Наибольший ожог глаз вызывают ультрафиолетовые лучи, но при сильном освещении на глаза вредно действуют также видимые и инфракрасные лучи. Поэтому во многих случаях человеку приходится защищать свои глаза, надевая очки с окрашенными стеклами, которые поглощают значительную часть света и предохраняют глаза от ожога.

В яркий зимний солнечный день, особенно в горах, где солнечные лучи наиболее богаты ультрафиолетовыми лучами, отражение солнечного света снегом так сильно, что производит

ослепление. Для того чтобы в таких условиях нормально видеть, следует надевать очки с дымчатыми стеклами. Летчики от ослепления солнцем также надевают дымчатые очки. Электросварщики защищают глаза темными стеклами, которые при рассматривании на рассеянный дневной свет кажутся совершенно черными. Такие стекла полностью поглощают ультрафиолетовые и инфракрасные лучи и пропускают видимые лучи в очень незначительном количестве — в десятых долях процента. Однако этого количества света, падающего в глаза сварщика, вполне достаточно для наблюдения за процессом сварки. При автогенной сварке интенсивность свечения пламени значительно меньше, чем при электросварке, поэтому стекла для очков автогенщиков значительно светлее, т. е. они окрашены менее интенсивно.

В некоторых случаях вредно действующими являются только инфракрасные лучи. Например для освещения операционных столов применяются мощные отражательные лампы, которые, создавая хорошее освещение, развивают высокую температуру. На операционном столе при освещении лампой „Пантофос“, изготовляемой фирмой Цейсс, температура может достигать 60°. При такой температуре хирург не имел бы возможности работать и рана быстро высыхала бы, что затрудняло бы сращивание тканей. Для сведения этого нагревания до минимума лампа заключается в колпак, изготовленный из стекла, поглощающего тепловые (инфракрасные) лучи.

Лампа „Пантофос“ с защитным стеклом после горения в течение нескольких часов повышает температуру всего на несколько градусов. Стекла, поглощающие инфракрасные лучи, применяются также в специальных физических приборах, где требуется предохранить оптику от нагревания. Поглощая инфракрасные лучи, эти стекла не должны поглощать видимых лучей.

Все защитные стекла можно разделить на три типа:

- 1) стекла, поглощающие только одни ультрафиолетовые лучи и пропускающие видимые и инфракрасные (бесцветные или слабо окрашенные стекла);
- 2) цветные защитные стекла, сильно поглощающие видимую часть спектра; обычно эти стекла частично или полностью поглощают также ультрафиолетовую и инфракрасную части спектра;
- 3) бесцветные или слабо окрашенные стекла, поглощающие инфракрасные лучи; такие стекла обычно поглощают также короткие ультрафиолетовые лучи.

Бесцветные стекла, защищающие от ультрафиолетовых лучей

Бесцветное стекло, поглощающее ультрафиолетовые лучи, применяется при продолжительной работе с микроскопом и в тех случаях, когда освещение не особенно ярко, но богато ультрафиолетовыми лучами, например при отраженном свете от электросварочных аппаратов, от „Юпитера“ при киносъемке, при

работе с кварцевой лампой в научных и медицинских лабораторных и лечебных учреждениях и др. Преимущество этого стекла состоит в том, что оно, поглощая вредные для глаза лучи, не дает искажения окраски видимых предметов.

Состав стекла и режим его варки. Фирма Цейсс изготавливает стекло марки GG-1, которое поглощает ультрафиолетовые лучи с длиной волны короче 350 мμ. Кривая пропускания его показана на рис. 85. Стекло это совершенно бесцветно. Состав его фирма не указывает.

Гельгоф и Томас⁴⁴, изучая влияние разных окислов на свойства стекла, обнаружили, что стекла с окисью церия, являясь бесцветными, очень сильно поглощают ультрафиолетовые лучи. Количественного измерения пропускания подобного стекла в ультрафиолетовой области спектра они не произвели.

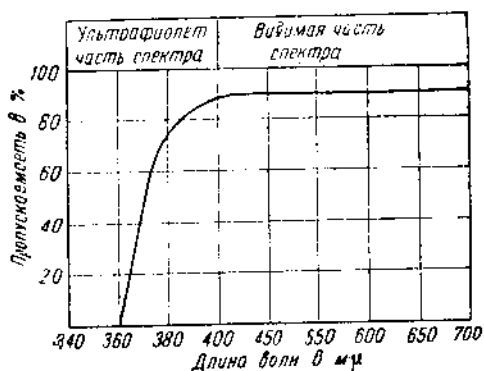


Рис. 85. Пропускаемость стекла, поглощающего ультрафиолетовые лучи

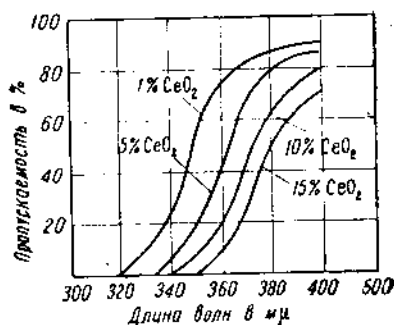


Рис. 86. Кривые пропускания стекла, содержащего окись церия

Автором настоящей книги было произведено исследование поглощения ультрафиолетовых лучей стеклами разного состава, окрашенными разными красителями. Исследование показало, что совершенно бесцветные стекла, сильно поглощающие ультрафиолетовые лучи, могут быть получены только при введении в стекло окиси церия. Стекло со слабым зеленоватым оттенком получается при введении в стекло окислов ванадия. Это стекло поглощает ультрафиолетовые лучи еще более, чем цериевое. Поглощение ультрафиолетовых лучей зависит от процентного содержания в стекле окиси церия и ванадия. На рис. 86 показана зависимость пропускания стекла от количества введенной в его состав окиси церия.

Чем больше введено этих окислов в состав стекла, тем сильнее поглощение им ультрафиолетовых лучей. Введение в стекло дополнительно окиси свинца усиливает поглощение ультрафиолетовых лучей. На рис. 87 показана пропускания стекол, содержащих 1% окиси церия, но разное количество окиси свинца. Составы этих стекол приведены в табл. 24.

Составные части стекла	№ стекла (рис. 87)				
	1	2	3	4	5
Кремнекислота	71	54	49	67	71,5
Оксид свинца	10	35	45	—	—
» натрия	18	10	5	18	18
Двуокись церия	1,0	1,0	1,0	5	—
Оксид цинка	—	—	—	—	10,5
» ванадия	—	—	—	—	0,5
» кальция	—	—	—	10	—

Стекло № 3, содержащее наибольшее количество окиси свинца, поглощает больше ультрафиолетовых лучей.

Стекло № 4, не содержащее окиси свинца, поглощает ультрафиолетовые лучи слабее, несмотря на то что двуокиси церия в нем в 5 раз больше, чем в стекле № 3.

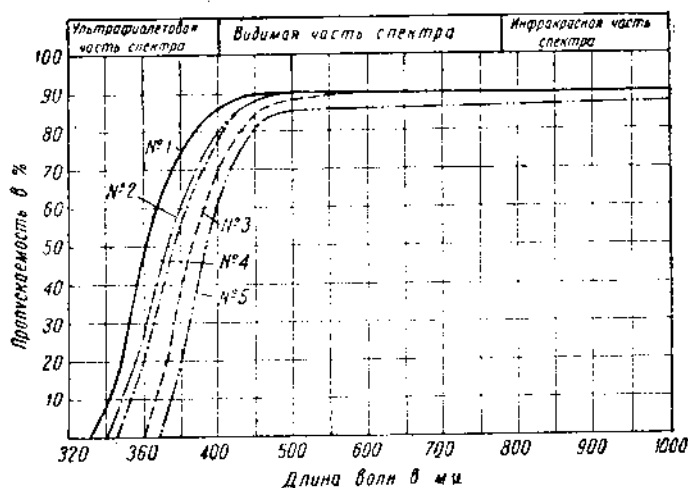


Рис. 87. Пропускаемость стекол, поглощающих ультрафиолетовые лучи

Церий и ванадий могут присутствовать в стекле в виде двух окислов: церий — в виде двуокиси церия CeO_2 и окиси церия Ce_2O_3 ; ванадий — в виде окиси ванадия V_2O_5 и ванадиевого ангидрида V_2O_3 . В зависимости от того, какой окисел будет находиться в стекле, последнее будет иметь разную окраску.

Если в шихту, содержащую окись церия, ввести селитру и варку вести в окислительных условиях (не давать коптящего пламени), то стекло получится бесцветным. Если же в шихту добавить восстановитель (уголь, металлический алюминий, муку и др.), а варку стекла производить на коптящем пламени, то полу-

чится стекло слабожелтой окраски. В первом случае в нем образуется двуокись церия CeO_2 , во втором — окись церия Ce_2O_3 .

Ванадиевое стекло ведет себя подобным же образом: сваренное в окислительных условиях, оно окрашено в очень слабый зеленоватый тон; при варке стекла этого же состава в восстановительных условиях (с углем и на коптящем пламени) получается стекло с ярко выраженным темнозеленым тоном, похожим на окрашивание окислами железа.

Поэтому стекла, составы которых указаны в табл. 23, следует варить с введением в шихту селитры (3—4 кг на 100 кг стекломассы) и не допускать при варке стекла коптящего пламени.

Стекло, защищающее от тепловых лучей

В эту группу отнесены стекла, поглощающие тепловые лучи, но хорошо пропускающие видимые и частично ультрафиолетовые лучи?

Об их применении кратко уже сообщалось.

Понятие „тепловые лучи“ является весьма условным. Тепловыми называются лучи, которые, поглощаясь каким-либо веществом, превращаются в тепловую энергию. С этой точки зрения все лучи являются тепловыми, так как при поглощении ультрафиолетовых и видимых лучей также развивается теплота. Но выделение теплоты при поглощении ультрафиолетовых и видимых лучей настолько незначительно (обнаружить выделение теплоты ультрафиолетовыми лучами трудно даже очень чувствительными приборами), что позволяет под понятие „тепловые лучи“ отнести только инфракрасные лучи.

В табл. 25⁶⁰ дано распределение тепловой энергии между различными частями спектра для разных источников света (в процентах).

Таблица 25

Источник света	Ультрафиолетовая часть спектра	Видимая часть спектра	Инфракрасная часть спектра
Пламя парафина	0,0	0,8	99,2
Газонаполненная электролампа	0,4	5,6	94,0
Солнечный свет по прохождении атмосферы	3,5	33,0	63,5

Как видно из таблицы, инфракрасные лучи несут наибольшую часть тепловой энергии. Следовательно полное поглощение инфракрасных лучей удаляет из света электролампы 94% ее тепловой энергии. Оставшиеся видимые и ультрафиолетовые части спектра, поглощаясь в каком-либо веществе, развивают очень слабое нагревание этого вещества.

Идеальным было бы стекло, которое поглощало бы только инфракрасные лучи, но совершенно не поглощало видимых

Кривая пропускаемости такого идеального стекла дана на рис. 88. Практически такое стекло получить невозможно. Реальные стекла наравне с инфракрасными лучами поглощают и часть видимых, обычно красных и фиолетовых лучей, что вызывает слабое окрашивание стекла в светлозеленоватый и голубоватый цвета. Кривая пропускаемости стекла, вырабатываемого фирмой Цейсс для ламп „Пантофос“, дана на рис. 88. Это стекло поглощает инфракрасные лучи в зависимости от длины волны от 90 до 90%.

Стекло имеет небольшое поглощение красных лучей, что придает стеклу голубоватый оттенок. Фирма считает, что голубоватый оттенок стекла весьма полезен, так как приближает свет лампы к дневному.

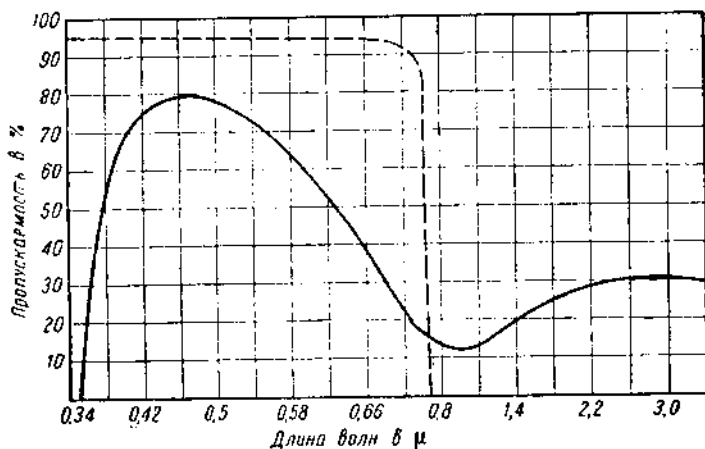


Рис. 88. Пропускаемость стекол, поглощающих инфракрасные лучи

Состав стекла и режим его варки. В Институте стекла автором был разработан состав стекла, который по поглощению тепловых лучей весьма близок к стеклу Цейсса. На рис. 89 даны для сравнения кривые пропускаемости стекла Цейсса и Института стекла.

Выше уже упоминалось, что в стекле наиболее интенсивным поглотителем тепловых лучей является закись железа. Стекла с закисью железа, поглощая тепловые лучи, почти полностью пропускают видимую часть спектра (80%). Другие окислы, как-то: окись меди, окись никеля, окись кобальта, также интенсивно поглощают тепловые лучи, но эти окислы придают стеклу такую интенсивную окраску, что при этом поглощается большая часть видимого спектра. Как известно, железо может находиться в стекле также в виде окиси Fe_2O_3 . Окись железа поглощает тепловые лучи значительно слабее закиси. В расплавленном стекле между закисью и окисью железа устанавливается равновесие, т. е. определенное отношение между количествами окиси

и закиси железа. Это отношение устанавливается независимо от того, в каком виде вводится железо в шихту — в виде окиси или в виде закиси, и зависит от состава стекла, состава шихты и режима варки. При введении в состав шихты восстановителя (угля, крахмала, муки и др.) увеличивается количество закиси

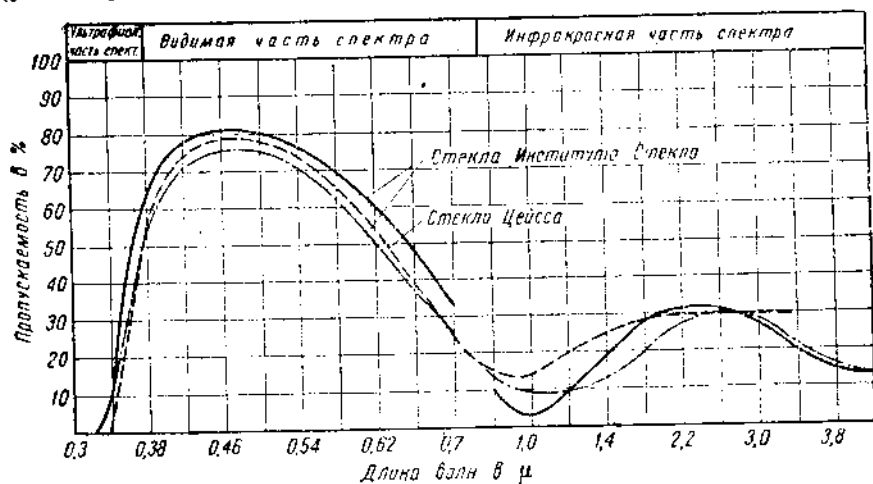


Рис. 89. Пропускаемость стекол, поглощающих инфракрасные лучи

и уменьшается количество окиси железа. Наоборот, введение в шихту селитры и окислительный режим варки способствуют образованию в стекле окиси железа.

Установлено, что высокая температура варки и быстрая студка после такой варки способствуют образованию в стекле закиси железа. Стекла, содержащие окись цинка, при прочих равных условиях окрашиваются окислами железа в более голубые тона, чем стекла других составов. Голубой тон указывает на то, что большая часть железа находится в стекле в виде закиси^{51, 52, 53}. На основе указанных замечаний автором в Институте стекла были разработаны составы шихты для стекол, защищающих от тепловых лучей (табл. 26).

Таблица 26

Состав стекла	№ стекла		Состав шихты	№ стекла	
	16	32		16	32
Кремнекислота	72,5	73,5	Песок	72,7	73,7
Борный ангидрид	1,0	—	Борная кислота	1,78	—
Окись кальция	9,0	—	Мел	16,1	—
» цинка	—	9	Окись цинка	—	9
» натрия	16,5	16,5	Сода	28,2	28,2
Окись-закись железа	1,0	1,0	Окись железа	1,0	1,0
			Уголь	0,1	0,2

Варка стекол производилась с добавкой восстановителей — угля и металлического олова. Во время варки в печи поддерживалось коптящее пламя.

Кривая пропускемости полученного стекла показана на рис. 89. Из рисунка видно, что 15—25% тепловых лучей стеклом не поглощаются.

Для полного поглощения тепловых лучей в шихту вводилось большое количество угля из тех соображений, что чем больше угля, тем больше восстановится окиси железа в закись, а это дает большее поглощение стеклом инфракрасных лучей. Однако выяснилось, что увеличение угля в шихте можно производить только до определенного предела. Превышение этого предела вызывает пожелтение или даже побурение стекла. Такое стекло больше поглощает тепловых лучей, но непригодно по своей окраске. Образование желтой или коричневой окраски объясняется тем, что при избытке восстановителя в стекле образуется сернистое железо, которое поглощает фиолетовые и синие лучи, отчего стекло принимает желтую окраску. Степень окраски зависит от количества угля: чем больше угля, тем темнее окраска стекла.

Увеличения поглощения тепловых лучей можно достигнуть путем увеличения количества красителя — окиси железа. Увеличение количества окислов железа до 2% вызывает увеличение поглощения тепловых лучей, но одновременно увеличивает и поглощение видимой части света, и стекло приобретает оливковую окраску.

Следовательно стекла, поглощающие инфракрасные лучи, должны содержать 1—1,5% окислов железа, и в шихту должен добавляться восстановитель — уголь в количестве: 0,1—0,2% от веса стекломассы. Варка должна вестись на коптящем пламени при возможно высокой температуре — не ниже 1400°.

Стекло дневного света

Известно, что цвет любого предмета — материи, бумаги и др. — изменяется в зависимости от того, при каком освещении он рассматривается. Например темносиняя окраска при дневном освещении будет казаться черной при электрическом, светло-красный материал при электрическом освещении будет казаться окрашенным в более темный цвет и т. д.

В текстильном, полиграфическом, красильном и некоторых других производствах оценку и сравнение цвета окрашенных материалов приходится производить как при дневном, так и при электрическом освещении. Так как цвет окрашенных предметов при освещении обычными электролампами отличается от цвета их при дневном освещении, то появилась необходимость сделать электрическое освещение не отличающимся от дневного. Оказалось, что свет, излучаемый электролампой накаливания, можно приблизить к дневному свету при помощи окрашенного стекла, которое получило название стекла дневного света.

Источники света — солнце, электрические и керосиновые лампы, газосветные трубки, вольтова дуга и др. — обладают индивидуальным цветом.

Окружающие нас предметы видимы благодаря отражению падающего на них солнечного или искусственного света. Цвет этих предметов зависит от того, какие лучи отражает данный предмет. Красный материал отражает красные лучи, зеленый — зеленые и т. д. Цвет прозрачной среды зависит от того, какие лучи пропускает эта среда. Если стекло пропускает только красные лучи, то при просвечивании на свет оно будет казаться

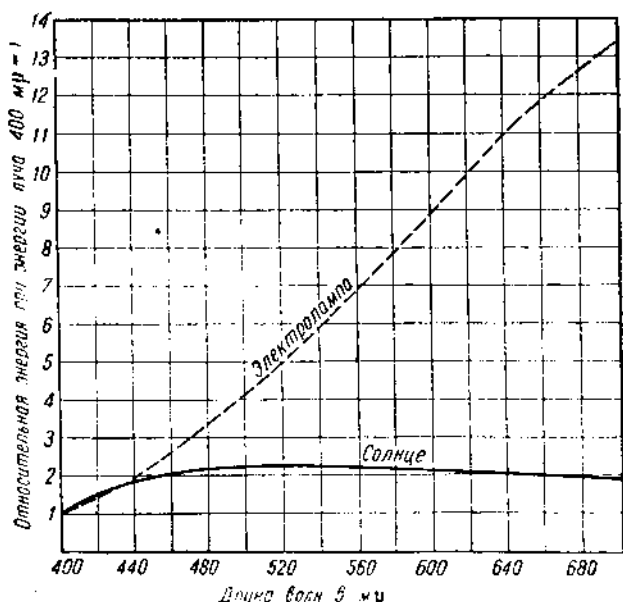


Рис. 90. Относительное распределение энергии в спектре солнца и электролампы

красным. Цвет прозрачного или непрозрачного предмета зависит от состава падающего на него света. Зеленое стекло, применяемое для фонарей на железных дорогах, при рассматривании на дневной свет кажется сине-зеленым, вставленное же в фонарь с керосиновой лампой это стекло приобретает желто-зеленый цвет. Если через зеленое стекло смотреть на красный цвет, то стекло будет или совершенно черным или темнокрасным, что зависит от кривой пропускания стекла. Стекла, окрашенные окисью никеля или марганца, при просвечивании на дневной свет имеют фиолетовое окрашивание с красноватым оттенком; при керосиновом освещении эти стекла кажутся красными с фиолетовым оттенком.

Приведенные примеры наглядно показывают, что цвет прозрачных и непрозрачных веществ зависит от излучения источников света — от состава света. Чем отличается свет солнца

от света электрической или керосиновой лампы? Эти источники света излучают все волны видимого спектра — от темно-фиолетовых до темнокрасных. Разница состоит лишь в интенсивности излучения разных длин волн. Солнечный свет более богат синими и фиолетовыми лучами, чем свет электрической лампы; последний более богат этими лучами, чем свет керосиновой лампы.

Если принять световую энергию синего света за единицу, количество единиц световой энергии красного света для каждого источника света будет разное.

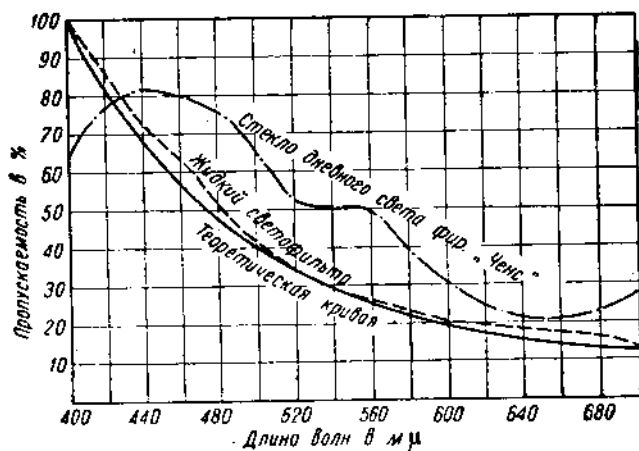


Рис. 91. Кривые пропускания: стекла дневного света, теоретического светофильтра и жидкого светофильтра

На рис. 90 показано относительное распределение энергии в спектре солнечного света (сплошная кривая) и света электролампы (пунктирная кривая). За единицу принята энергия луча с длиной волны в 400 мкм. Таким образом сплошная кривая показывает, во сколько раз энергия какого-либо луча видимого солнечного спектра больше энергии фиолетового луча с длиной волны в 400 мкм этого же спектра.

Такую же зависимость показывает пунктирная кривая для видимого спектра электрической лампочки. В спектре света электролампы энергия луча с длиной волны в 500 мкм (синий луч) в 4 раза больше, чем энергия луча в 400 мкм; энергия красного луча в 700 мкм в 13,5 раза больше, чем энергия фиолетового луча с длиной волны в 400 мкм. В то же время для солнечного спектра энергия луча в 500 мкм больше энергии луча в 400 мкм в 2,2 раза, а энергия луча в 700 мкм только в 1,7 раза. Таким образом в свете электролампы зеленые, желтые и красные лучи преобладают над синими и фиолетовыми. Поэтому, чтобы приблизить свет электрической лампы к дневному, надо, чтобы отношение между энергией отдельных волн в свете

электролампы приближалось к отношению, существующему в солнечном спектре.

Например энергия красных лучей в свете электролампы в 13,5 раза больше, чем энергия фиолетового луча. В солнечном спектре это отношение равно 1,7. Следовательно свет электролампы следует пропустить через такое вещество, которое совершенно не поглощает фиолетового света, а красный луч в 700 мμ поглощает с таким расчетом, чтобы оставшаяся его энергия превышала энергию фиолетового луча в 1,7 раза, как в солнечном спектре, т. е. эта прозрачная среда должна пропустить только 12,6% красного луча, излучаемого электролампой. Такой подсчет можно произвести для каждой волны.

На рис. 91 изображена теоретическая кривая пропускания прозрачной среды, которая необходима для приближения света электролампы к дневному. Кривую, наиболее близкую к теоретической, дают два раствора с толщиной слоя в 1 см каждый, заключенные в двойном сосуде, сделанном из бесцветного стекла⁵⁵.

Раствор В ₁	Раствор В ₂
Медн. купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 2,452 г	Сульфата/кобальта и алюминия $\text{CoSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 21,71 г
Маннита $\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$ 2,452 »	Медн. купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 16,11 »
Пиридина $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 30,0 »	Серной кислоты уд. веса 1,85 100 см ³
Дистиллированной воды 1000 см ³	Дистиллированной воды 1000 »

Во многих случаях пользоваться жидким светофильтром неудобно, и его заменяют окрашенным стеклом, получившим название стекла дневного света.

Состав стекла и режим его варки. В иностранной и советской литературе о стекле дневного света имеется очень мало данных.

В одном из патентов⁵¹ дается следующий состав шихты для стекла дневного света:

Песка 100 кг	Бурь кальцинированной 3 кг
Сода 94%-ной 22 »	Окиси меди 500 г
Поташа 92%-ного 12 »	Закиси железа 300 »
Гидрата окиси кальция 11 »	Окиси железа 450 »
Селитры калиевой 4 »	

Никаких указаний о режиме варки и выработке этого стекла в этом патенте не дается.

Лабораторией Московского электроколбочного завода производились опыты по изготовлению стекла дневного света. Наилучшим признан следующий состав стекла.

Состав стекла (в %)	Состав шихты (в вес. частях)
Кремнекислоты 64,65	Песка 100
Серного ангидрида 0,57	Свинцового сурика 25
Окиси свинца 13,71	Окиси цинка 1,5
» бария 3,07	Углекислого бария 6,0
» кальция 0,61	Поташа 13,0
» магния 0,53	Сода 15,8
» алюминия 0,53	Селитры 8,0

Окиси железа	0,25	Сульфата	3,0
» калия	6,58	Мышьяка	2,5
» натрия	7,5	Медного купороса	10,70
» меди	2,25	Заиси кобальта	0,13
Заиси кобальта	0,08		

Красящими окислами в этом стекле являются окись меди и закись кобальта. Подробно режим варки стекла, окрашенного окисью меди, разбирался при описании зеленых светофильтров.

Из стекла дневного света вырабатывают колбы для электроламп, колпаки, в которые помещаются электролампы, и плоские стекла.

В зависимости от мощности лампы толщина стекла указанного состава изменяется следующим образом:

Мощность лампы (в <i>вт</i>)	Толщина стекла (в <i>мм</i>)
100	2
200	1,8
300	1,7

Свет более мощных ламп богаче фиолетовыми и синими лучами, чем свет менее мощных ламп; поэтому для первых поглощение красных лучей должно быть меньше, чем для вторых, вследствие чего для более мощных ламп применяется более тонкое стекло.

Глава III

СТЕКЛЯННАЯ ВАТА, СТЕКЛЯННОЕ ВОЛОКНО И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НИХ

Стекло в размягченном состоянии при определенных условиях способно вытягиваться в тончайшие нити — толщиной до 1 м. На этом свойстве стекла основан способ производства стеклянной ваты и волокна.

Способ изготовления стеклянных нитей был известен давно. Еще в древнем Египте изготовлялись стеклянные нити для различных украшений. Это производство впоследствии было развито в Венеции на заводе Мурано.

Вытягивание стекла сводилось к следующему. Стеклянная палочка разогревалась на пламени горелки, при размягчении ее конец растягивался в нить, которая прикреплялась к вращающемуся колесу, на обод которого она и навивалась. Чем больше число оборотов колеса, тем тоньше получалась нить. За 9 час. работы можно было вытянуть нить длиной до 1000 км. Во время вытягивания конец стеклянной палочки находился все время в размягченном состоянии.

Производство стеклянных нитей возродилось в начале XVIII в. Фирмой Браноро (Вена) изготовлялись стеклянные ткани для разных украшений. Методом Браноро пользовались и во Франции и Германии для изготовления шляп, галстуков и других видов изделий.

Начало производства стеклянной ваты относится к 1819 г. Вата получалась раздуванием перегретым паром расплавленной струи стекла, вытекающей из горшка. При соприкосновении с паром стекло свертывается в мелкие шарики, которые, следуя за движением паровой струи, растягиваются в тонкие нити, образующие спутанную волокнистую массу.

Однако в те годы изделия из стеклянного волокна не получили распространения, так как волокна были слишком толстыми и прочность изделий, изготовленных из них, была незначительна.

Производство стеклянного волокна возродилось в Германии в годы мировой войны, когда особо остро чувствовался недостаток в асбесте. Нити вытягивались из размягченных стеклянных палочек по описанному выше способу, который существовал в Германии 14 — 15 лет.

В 1929 г. по такому же способу было поставлено производство стеклянных нитей в Советском союзе на заводе „Дружная горка“.

В последние несколько лет производство стеклянного волокна и стеклянной ваты сильно шагнуло вперед. Колоссальных успехов в этой области добилась американская фирма „Оуэнс Иллинойс Гласс Компани“, которая из полученного стеклянного волокна изготавливает самые разнообразные изделия.

СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТЕКЛЯННОЙ ВАТЫ, СТЕКЛЯННОГО ВОЛОКНА И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ

Диаметр стеклянных нитей в зависимости от способа производства может колебаться от 2—3 до 100 μ . Толщина нитей зависит от их назначения; так для производства стеклянных тканей требуются нити диаметром в 2—7 μ , для изготовления воздушных фильтров требуются грубые нити — диаметром до 100 μ .

В табл. 27 приведены сравнительные величины диаметров различных волокон.

Таблица 27

Волокно	Диаметр (в μ)
Волос грубошерстной овцы	76—83
Низкий сорт мериносовой шерсти	35—40
Тонкая меринос. шерсть	12—15
Пух кашемирской козы	10—15
Хлопок	12—40
Пенька	16—30
Лен	12—26
Шелк	10—21
Японское волокно	4—18
Кварцевые нити	0,3—1,0
Стекловолоконные нити	от 2 и выше

Таблица 28

Материал	Теплопроводность в кал/м час °С
Железо	50—70
Бутовый камень	2,5
Бетон	1,3
Кирпичная кладка	0,75
Стекло	0,65
Известковый туф	0,80
Дерево	0,39
Асбест	0,17
Кизельгур	0,12
Стекловолоконная вата	0,03

Прочность стеклянных нитей на разрыв значительно больше, чем обычного более толстого стекла. На рис. 92 дана кривая зависимости между диаметром нити и сопротивлением на разрыв. В то время как нить диаметром в 2,5 μ показывает сопротивление на разрыв в 700 кг/мм^2 , нить диаметром в 20 μ — всего около 50 кг/мм^2 . Сопротивление на разрыв стекла в толстых палочках — 5—6 кг/мм^2 .

Стекловолоконная вата и стеклянные ткани обладают исключительной теплоизоляционной способностью. Сравнительная теплопроводность разных материалов и стеклянной ваты приведена в табл. 28.

Как видно, стекловолоконная вата обладает наименьшей теплопроводностью, что объясняется тем, что она заключает в своем

объеме много воздуха, который является плохим проводником тепла. 1 м³ стеклянной ваты содержит 40 л стекла и 960 л воздуха^{58, 59}.

В последнее время при постройке жилых домов пустоты между деревянными перегородками заполняются подушками из стеклянной ваты. Подушки изготавливаются путем равномерного

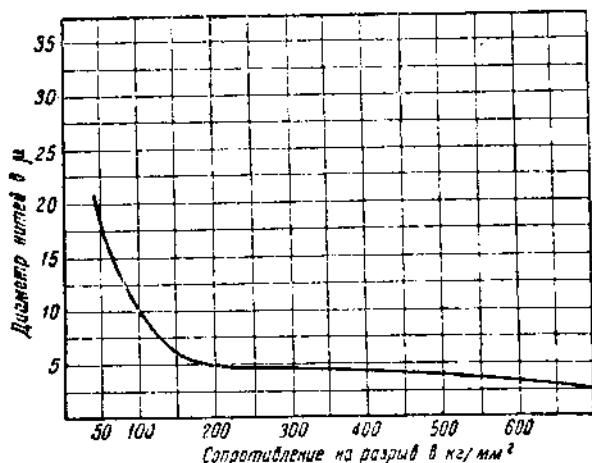


Рис. 92. Зависимость прочности стеклянной нити на разрыв от ее диаметра

распределения и закрепления стеклянной ваты в проводочных сетках. Обе боковые поверхности соответствующим образом оштукатуриваются по проволоочной ткани. Стена с заполнением из стеклянной ваты при толщине в 30 мм оказывает такое же термоизоляционное действие, как кирпичная стена толщиной в 600 мм.

Из стеклянной ваты изготавливают полосы и цыновки, которыми обматывают трубы паропроводов, отопительные трубы и т. д.

Заключив стеклянные нити между двумя стеклами (рис. 93), получают комплект, хорошо рассеивающий свет. Такое стекло носит название „термолюкс“ и применяется для остекления складов, где хранятся материалы, портящиеся от прямого сол-

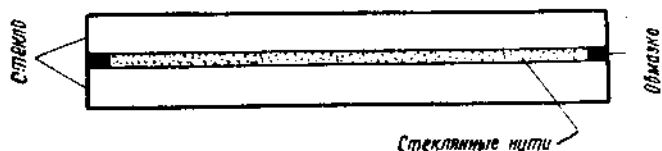


Рис. 93. Стекло термолюкс

нечного света, а также для остекления помещений, требующих равномерного рассеянного освещения: фабрик, чертежных зал, картинных галлерей и др. Стекло термолюкс обладает в 6—7 раз большей теплоизоляционной способностью, чем обыкновенное стекло⁶⁰.

Стеклянная вата поглощает звук и используется как звукоизоляционное средство.

Стеклянная вата и стеклянное полотно используются как фильтровочный материал в химической промышленности. Пре-

имущество этих материалов состоит в том, что через них можно фильтровать жидкости, нагретые до высокой температуры, а также кислоты и щелочи. Обычные ткани для этих целей совершенно неприменимы. Применяя стеклянные ткани, можно достигнуть большой скорости фильтрации. Это объясняется тем, что в фильтре из стеклянного волокна имеется примерно в 6 раз больше открытого пространства для прохождения жидкости, чем в бумажной ткани, а это означает, что для фильтрации через стеклянную ткань требуется приложить только одну шестую часть давления, необходимого при бумажной ткани.

Из стеклянных нитей изготавливаются фильтры для очистки воздуха от пыли. Производимые в Америке фильтры имеют размеры $500 \times 500 \times 50$ мм и вставляются в особые рамки различного устройства. Уложенные в рамки стеклянные нити закрепляются между проволоочными сетками. Внутри фильтры состоят из пропитанных нитей, представляющих собой со стороны всасывания воздуха рыхлую грубую стеклянную подушку, а со стороны выхода очищенного воздуха — плотный слой тонких стеклянных волокон. Для пропитки нитей служит связующее вещество, не имеющее запаха. С помощью такого фильтра удается уловить из воздуха 96—98% пыли.

Благодаря высоким изоляционным свойствам стеклянная ткань находит широкое применение в электропромышленности — ею изолируются кабели и электропровода. Особенно ценно применение стеклянной изоляции в электромоторах, так как она допускает сильный перегрев (до несколько сот градусов) без нарушения изоляционных свойств. Это позволяет снизить вес мотора почти наполовину. Стеклянная ткань обладает хорошей изоляционной способностью и во влажном состоянии.

Стеклянную ткань применяют в качестве гибких прокладок между металлическими пластинами в электрических аккумуляторах и зарядных батареях. Прокладка такого типа позволяет сконструировать батареи низкого сопротивления, мощность тока которых может быть увеличена на 40%. Срок службы таких батарей — до 3 лет.

В табл. 29 приведены электроизоляционные свойства различных материалов.

Таблица 29

Материал	Толщина (в мм)	Пробойное напряжение (в В/мм)
Стеклянная ткань	0,22	1190
» »	0,17	1170
» »	0,45	582
Хлопок	0,58	424
Кембрик	0,17	897
Асбест I	0,63	128
» II	0,63	73

В быту стеклянная ткань применяется для изготовления нестираемых занавесей, половых дорожек и т. д.

ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛЯННОЙ ВАТЫ

Существуют два способа производства стеклянной ваты, принципиально отличающиеся друг от друга. Принцип первого способа состоит в наматывании стеклянных нитей на барабан. После получения на барабане достаточного слоя производят разрезание нитей в одном месте, получая полосу, в которой все нити расположены в одном направлении. По второму способу производится раздувание струи расплавленного жидкого стекла перегретым паром или нагретым воздухом. В вате, полученной по этому способу, волокна расположены беспорядочно.

Производство ваты наматыванием на барабан

По этому способу производится изготовление ваты на заводе „Дружная горка“. Полуфабрикатом служат стеклянные палочки диаметром в 4—7 мм и длиной в 1,5 м.

Схема устройства машины показана на рис. 94. Вся установка состоит из механизма 1, подающего палочки, 20 горелок 2, размягчающих стекло до капельного состояния, и вращающего барабана 3 диаметром в 1,25 м и шириной в 0,65 м, на который

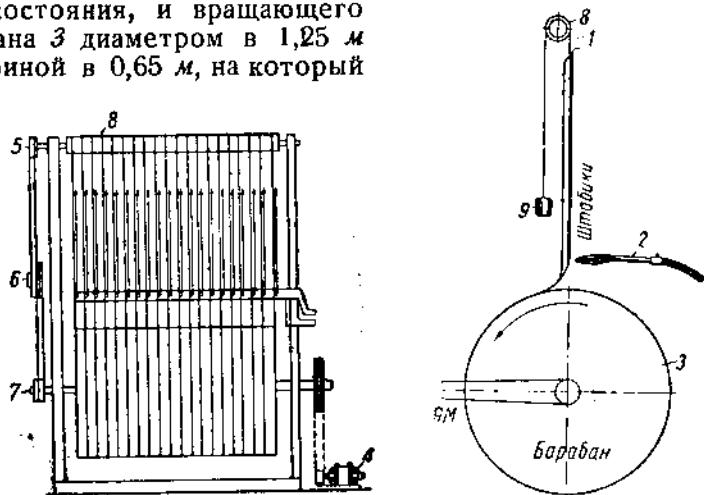


Рис. 94. Установка для вытягивания стеклянной ваты на заводе „Дружная горка“

наматываются нити. Механизм, подающий стеклянные палочки, соответственно подобранными шкивами 5, 6 и 7 связан с барабаном 3, приводимым в движение электромотором 4, делающим 960 об/мин. Через шкивы приводится во вращение вал 8, на котором укреплены 20 уравновешенных грузиками 9 приспособлений с зажимами для удержания стеклянных палочек (штабиков) и подачи их под пламя горелок. Равномерность опускания палочек и подача газа регулируются мастером.

Барабан делает от 160 до 500 об/мин. Смена палочек, так называемая зарядка, производится 6—10 раз в семичасовую смену.

На такой установке можно получить за семичасовую смену около 10 кг стеклянной ваты. Толщина получаемой нити зависит от числа оборотов барабана, скорости подачи стеклянных палочек к горелкам, от степени их обогрева и диаметра. Нить будет тем тоньше, чем выше число оборотов барабана, чем медленнее подача палочек под пламя горелок, чем сильнее пламя и чем меньше диаметр палочки.

В конце смены стеклянные нити разрезаются в поперечном направлении и снимаются с барабана. После этого плотный пучок стеклянных волокон превращают в рыхлую мягкую вату на специальном гофрировочном станке.

Производство ваты раздуванием стекла

Производство ваты раздуванием стекла имеет несколько вариантов.

Схема установки одного из способов показана на рис. 95. Расплавленная стекломасса вытекает из отверстия 1 в ванной печи на вращающийся диск 2. Под влиянием центробежной силы

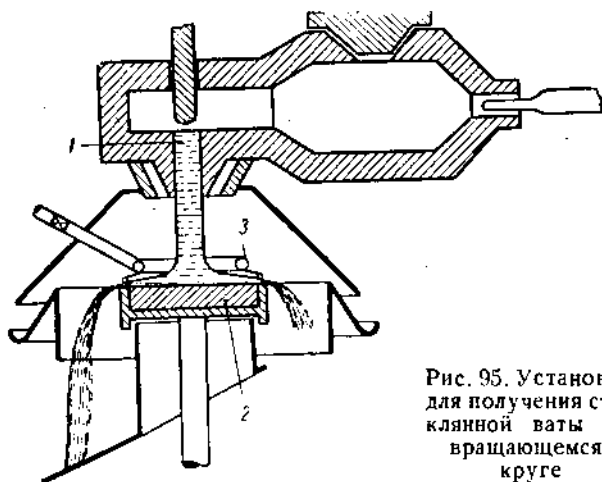


Рис. 95. Установка для получения стеклянной ваты на вращающемся круге

стекло разбивается на массу чрезвычайно тонких нитей. На края диска через трубку 3 с определенным числом патрубков подается струя воздуха (или пара), которая сдувает стеклянные нити и подает их на установку для дальнейшей обработки — резки и прессовки. Толщина получаемых стеклянных нитей различна в зависимости от температуры и количества стекломассы, поступающей на вращающийся диск⁶¹.

Схема производства ваты раздуванием паром показана на рис. 96. Вытекающая из выпускного отверстия печи 1 струя стекломассы разбивается при помощи пара на множество струй.

Образующиеся спутанные нити собираются на непрерывный конвейер 2, приводимый в движение электромотором. С помощью конвейера стеклянная волокнистая масса сбрасывается в вертикальную шахту 3.

Внизу шахты расположен горизонтальный конвейер, который проходит нагревательную камеру 4. В местах входа и выхода ваты имеются приспособления, предотвращающие утечку воздуха из камеры.

Воздух нагнетается в камеру вентилятором через трубу и топку, где он нагревается. Горячий воздух, войдя в тепловую

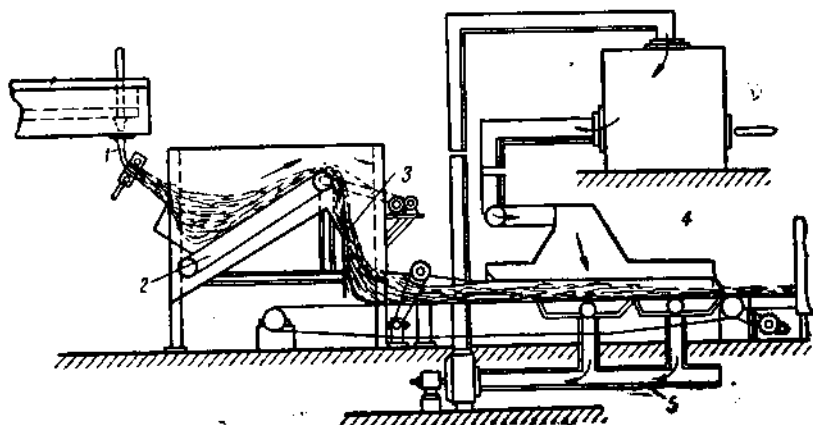


Рис. 96. Установка для получения стеклянной ваты раздуванием паром

камеру, проникает в полотно стеклянной ваты и далее через отверстия в ремне конвейера направляется в секцию тепловой камеры 5, находящейся внизу.

Отсюда воздух проходит ряд труб и возвращается в вентилятор, где и заканчивает цикл.

Полотно стеклянной ваты в момент входа в тепловую камеру имеет спутанный вид; пройдя указанную камеру, волокна полотна распределяются равномернее и становятся мягче и эластичнее.

В Советском союзе, в Вилимбаеве, способом раздувания расплавленной струи паром производится шлаковая вата.

В Институте стекла несколько месяцев работала опытная установка по получению стеклянной ваты. Раздувание струи стекла производилось паром через форсунку. Вата вдувалась в приемную камеру, откуда и извлекалась в виде спутанной массы.

Наилучшие результаты получались при следующих показателях: температура стекла в фидере — $1420-1500^{\circ}$; давление пара — 18 атм.; скорость паровой струи — $670-700 \text{ м/сек}$; расход пара — 900 кг на 100 кг ваты; диаметр выпускного отверстия в очке — 12 мм; диаметр струи в месте встречи с паром — 4—

5 мм. Добавка масла в пар оказывала положительное действие на ход процесса.

При указанных условиях работы получалась вата диаметром нитей в 15—20 μ ⁶⁶ и производительность составляла 85—100 кг/час.

По английскому патенту № 6705⁶³ стекломасса плавится в печи (рис. 97), имеющей загрузочный карман 1, варочную часть 2, рафинажную часть—камеру 3 с разделительной стенкой 4 и протоком 5.

Из камеры 3 стекломасса вытекает в переднюю часть печи 6 с выпускным отверстием 7, в котором имеется втулка 8.

Печь снабжена двумя горелками—9 и 10. Втулка 8 снабжена жолобом U-образной формы 11 с пластинкой 12, в которой имеется ряд небольших отверстий 13. Пластика обогревается электропроемом, что создает лучшие термические условия для истечения струй стекломассы. Жолоб сообщен с нагнетательной камерой 14, соединенной через узкий проход 15 с отверстием 16. Воздух или пар под давлением из камеры 14 попадает через проход 15 в отверстие 16. Ток воздуха движется с большой скоростью и окутывает поток струи стекла, вытекающий из отверстия, тем самым способствуя вытягиванию очень тонких нитей.

О применении этой установки в заводских условиях указаний не имеется.

Исключительных успехов в производстве стеклянной ваты и изделий добилась фирма „Оуэнс Иллинойс“ в США. Однако способ производства ваты фирма держит в секрете. В журнале „Гласс Индустри“ сообщаются только отдельные сведения об этом производстве. Стеклянная вата получается при распылении стекла, вытекающего из малых отверстий в лодочке, паром высокого давления. Температура в печи—1500°, температура лодочки—1400°, давление пара—77—80 атм. Распыление производится в металлической камере, после чего волокна собираются на движущемся конвейере. Конвейер направляет вату в отжигательный тоннель для испарения влаги, оставшейся от пара, и для придания нитям эластичности. На конвейере же производится механическая резка ваты в продольном и поперечном направлениях. Упаковка ваты производится в мешки и картонные ящики.

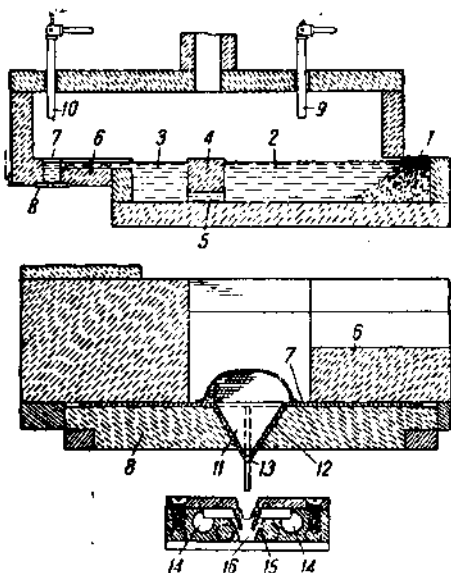


Рис. 97. Установка для производства стеклянной ваты

ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛЯННОЙ ПРЯЖИ И СТЕКЛЯННЫХ ТКАНЕЙ

Производство стеклянной пряжи и стеклянных тканей разработано и осуществлено в широком масштабе вышеупомянутой американской фирмой „Оуенс Иллинойс Гласс Компани“. Однако способы изготовления пряжи фирмой засекречены, и точная технологическая схема процесса неизвестна. В описании этого способа в журнале „Гласс Индустри“ № 11 (за 1937 г.) имеются лишь отдельные намеки, которые дают возможность судить только о принципе производства, но не дают ни малейшего представления о конструкции установки.

Схема процесса состоит в следующем. В небольшую электропечь загружают стеклянные шарики весом в 7—9 г; стекло, применяемое для нитей, должно быть очень чистым, так как загрязнения (камни или пузыри) могут повести к обрыву нити. В передней части печи устанавливается лодочка из специального сплава с 102 отверстиями для выпуска стекломассы. Тонкие струйки, вытекающие из отверстий лодочки, вытягиваются в нити и закрепляются на барабане, который вращается с большой скоростью. На барабан надевается бобина, на которую производится наматывание нити. По заполнении бобина снимается, для чего барабан останавливается, и надевается новая бобина и т. д.

Этим способом получается бесконечная нить, которая обрывается только при заправке новой бобины.

Прядь, состоящая из 102 нитей, имеет толщину в 0,6 мм.

Производительность одного аппарата составляет 800—900 г волокна в час. По данным фирмы, из 450 г стекла можно получить 90 000 м нитей.

В производстве нитей из расплавленного стекла особенно сложным является вопрос конструкции печей и приспособлений, производящих стеклянное волокно. Для этого производства запатентованы печи с газовым, нефтяным и электрическим обогревом. Особенно удобны печи с электрообогревом, так как они позволяют регулировать температуру в широких пределах.

Наиболее просты и удобны в эксплуатации печи, изготовленные из платины. Такая печь служит электросопротивлением и при пропускании через нее электротока разогревается до высокой температуры. В печь загружается проварившееся стекло без пороков (мошки, пузыря, камня). При переплавке стекла в платине загрязнения его не происходит.

На основе литературных материалов^{57, 61, 62} процесс вытягивания стеклянного волокна можно представить следующим образом (рис. 98). К платиновой коробке 1 подводится через провода 2 и 3 электроток. В дне платиновой коробки имеются ниппели 4, через которые расплавленное стекло вытекает тонкими струйками. Пройдя через обдувочное устройство 5, нити собираются вместе при помощи устройства 6. В этом же месте стеклянное волокно пропитывается специальным составом. Затем

волокно наматывается на барабан 7. Движок 8, колеблясь вправо и влево, заставляет наматываться нить по всей длине барабана. На барабан надевается картонная бобина подобно применяемой в текстильном производстве. Намотав на бобину достаточное количество нитей, барабан останавливается, бобина снимается, и вместо нее на барабан надевается новая.

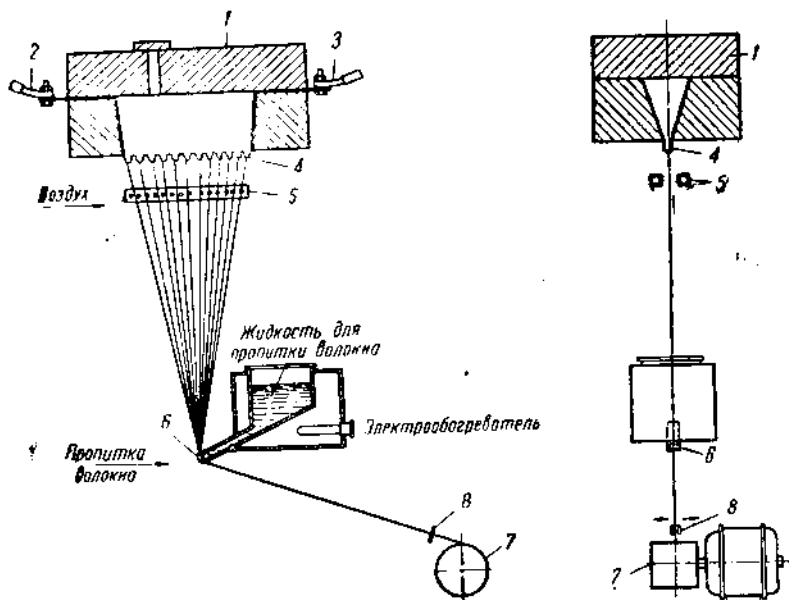


Рис. 98. Установка для получения стеклянной пряжи

На текстильных машинах нити с бобин снимаются и скручиваются, после чего поступают на ткацкие станки для выработки различных тканей.

В Советском союзе первые опыты по получению стеклянного волокна для изготовления тканей различного назначения были начаты в конце 1937 г. в Институте стекла в лаборатории стеклянного волокна. Разработаны процесс и аппаратура для получения непрерывного стеклянного волокна. В начале 1939 г. получены первые образцы пряжи и ткани из стекла и разработан проект опытнопромышленной установки.

Глава IV

СТРОИТЕЛЬНОЕ И ДЕКОРАТИВНОЕ СТЕКЛО

Вначале стекло применялось в строительстве зданий в качестве прозрачного материала для окон вместо слюды. С развитием строительной техники стекло находит самое разнообразное применение.

В настоящее время в США имеются здания, целиком построенные из стекла. Стекло применяется: для постройки стен, крыш, потолков, полов, для облицовки стен, для различных архитектурных оформлений — пилястр, колонн, карнизов, для внутренней отделки помещений, для изготовления мебели и многих других целей.

В иностранной литературе отводится много места описанию внешнего вида отдельных строительных деталей зданий, сделанных из стекла, и почти совершенно не освещаются технологический процесс их изготовления и составы стекла.

В Союзе производство строительного и декоративного стекла еще не налажено. Поэтому приходится ограничиться описанием отдельных строительных деталей и конструкций из стекла.

Стекло, применяемое для строительства, можно разделить на следующие основные виды:

1) стеклянные детали для постройки основных частей здания: стен, междуэтажных перекрытий и крыш; сюда относятся стеклянные кирпичи, или блоки, плитки для полов, стеклянные детали для крыш;

2) материалы для облицовки наружных и внутренних частей зданий; к этому виду относятся разноцветные облицовочные плитки;

3) стеклянные материалы, служащие для декоративного оформления зданий: основания и капитали колонн, пилястры, решетки, декоративное стекло для дверей и окон, скобяные и др.;

4) стекло для внутренней обстановки помещения: декоративные ширмы, мебель, предметы домашнего обихода — подставки, столики, полки и т. д.

СТЕКЛЯННЫЕ ДЕТАЛИ ДЛЯ ПОСТРОЙКИ ОСНОВНЫХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЯ

Стеклянные кирпичи (блоки)

В Европе и США стеклянный кирпич получил широкое распространение. Во Франции он применяется для устройства сплошных просветов в промышленных зданиях, гаражах, вокзалах, ателье, лабораториях, физкультурных сооружениях, для застекления лестничных клеток жилых и общественных помещений. Он вытесняет оконное стекло всюду, где нужны неподвижные светопроницаемые плоскости, обладающие значительной прочностью и не требующие особого ухода⁶⁶.

На рис. 99 изображен внешний вид здания, построенного французской фирмой Сан-Гобен на Парижской выставке.

В современном строительстве применяются пустотелые стеклянные кирпичи, состоящие из двух полукирпичей с воздушной прослойкой. Внешний вид таких кирпичей показан на рис. 100.

Эти полукирпичи соединяются по периметру одним из нижеследующих способов⁶⁷:

- 1) путем автогенной сварки (кирпичи „А.С.“); под действием нагревания края полукирпичей размягчаются и спаиваются друг с другом;
- 2) с помощью металлического сплава (обычно сплава алюминия), нагретого до температуры около 750° , в который погружают края полукирпичей;
- 3) применением обычного припоя — третника, которым спаивают края кирпичей после специальной их металлизации при температуре около 200° .

Последний способ обладает тем несомненным преимуществом



Рис. 99. Здание из стеклянных блоков, построенное на Парижской выставке фирмой Сан-Гобен

вом, что он позволяет соединять полукирпичи, предварительно закаленные и отличающиеся вследствие этого выдающейся механической прочностью. Эти кирпичи во Франции получили название „вэрозалит“. Они имеют размер $30 \times 30 \times 10$ см и весят 9 кг. Сравнительные испытания на сжатие кирпича „вэрозалит“ и кирпича „А.С.“, полученного методом автогенной сварки, обладающих одинаковыми размерами, дали следующие результаты: разрушающее давление, оказываемое на центральную часть верхней поверхности кирпича стальным стержнем размером 50×50 мм, составляло для кирпичей „вэрозалит“ 3020 кг, а для кирпичей „А.С.“ — 810 кг.

Американская фирма „Оуенс Иллинойс Гласс Компани“ вырабатывает стеклянные кирпичи „инсалакс“ следующих трех основных размеров:

№ 1....123,8×203,2×98,4 мм

№ 2....146,1×146,1×98,4 »

№ 3....197,0×197,0×98,4 »

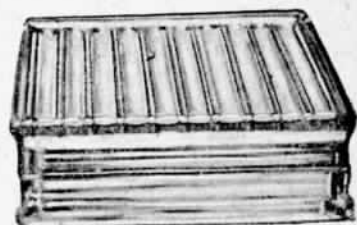
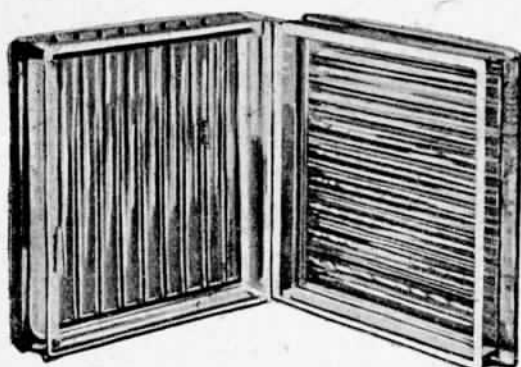


Рис. 100. Стеклянные кирпичи

Средняя прочность кирпичей на сжатие — 55 кг/см^2 ; допустимая нагрузка — $13,5 \text{ кг/см}^2$. Фирмой приводятся следующие данные о прочности кирпичей „инсалакс“ и других стройматериалов:

	В кг/см^2		В кг/см^2
Бетон 1:3:5	29,2	Полые бетонные плитки	5,8
Кирпич обычный	9,5	Бутовый камень	6,6
Полые плитки	5,8	«Инсалакс»	14,6

Форма кирпичей выбрана с таким расчетом, чтобы они давали рассеянный свет, для чего на наружные или внутренние поверхности наносятся различные гранения.

Пропускание света, измеренное в камере особой конструкции, для кирпича „вэрозалит“ с торцовыми стенками, покрытыми непрозрачной белой краской, составляет 40%. В тех же условиях кирпич из полированного стекла пропускает 45% света.

Коэффициент потери тепла для кирпичей „вэрозалит“ равен 4,5. Коэффициент потери тепла F определяется как отношение

количества тепла Q , теряемого 1 м² поверхности стены, к разности температур внутренней и внешней поверхностей стены:

$$F = \frac{Q}{t_1 - t_2} = 4,5 \text{ кал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{C},$$

где t_1 — температура нагретой поверхности стены,
 t_2 — температура холодной поверхности стены.

Коэффициент F означает, что 1 м² поверхности стены при разности температур между наружной и внутренней поверхностями стены в 1° теряет в час 4,5 больших калорий тепла.

Коэффициент потери тепла может быть снижен до 2,8 путем нанесения специальных „пятнышек“ металлического алюминия на внутреннюю поверхность полукирпичей до момента их со-

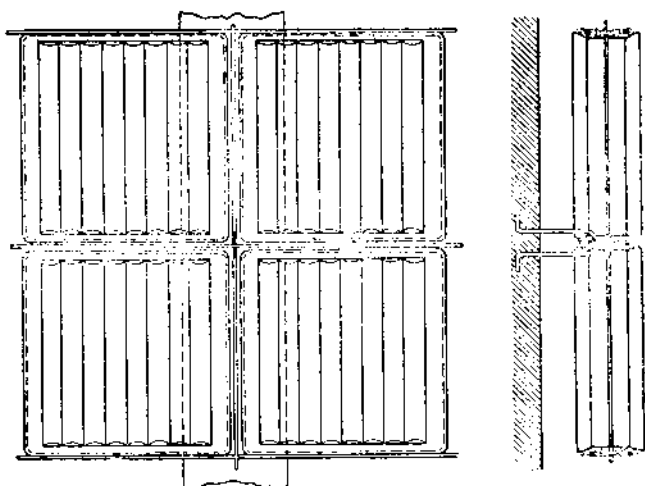


Рис. 101. Способ крепления стеклянных кирпичей

единения. Такие кирпичи во Франции носят название „алювер“. Потеря тепла стенкой, сделанной из кирпича „алювер“, равна потере тепла стенки толщиной в 20 см, сложенной из пористых керамических кирпичей и покрытой с внешней стороны слоем цемента в 2 см, а с внутренней — слоем штукатурки в 2 см. Кирпичи „алювер“ пропускают 11% света.

Кладка из пустотелых кирпичей типа „вэрозалит“ или „алювер“ выполняется обычно толщиной в один ряд кирпичей, скрепляемых железной арматурой. Прутья арматуры диаметром в 10 мм располагаются в зависимости от размеров кладки через 1, 2 или 3 ряда кирпичей по высоте. Стеклянная кладка крепится на железобетонных колоннах с помощью крючков, охватывающих горизонтальные прутья арматуры. На рис. 101 показан способ крепления кирпичей.

Стены из стеклянных кирпичей обладают хорошей светопропускаемостью, высокими термоизоляционными свойствами,

исключительной механической прочностью и красивым внешним видом⁶⁸.

Американская фирма „Оуэнс Иллинойс Гласс Компани“ вырабатывает стеклянные кирпичи по следующей технологической схеме*.

Из ванной печи стекломасса поступает в фидер Гартфорда⁶⁹. Прессовка производится на прессе-автомате фирмы Линч

(рис. 102). Производительность пресса Линча — 8 полукирпичей в минуту. На столе пресса устанавливаются 6 или 8 форм. Автомат прессует полукирпичи, которые автоматическим отставителем переносятся на площадку, снабженную противовесом. При откладке полукирпича на площадку последняя наклоняется, и полукирпич съезжает на конвейер, которым переносится к столику, где производится спайка полукирпичей. Процесс спайки состоит в сле-



Рис. 102. Прессовой автомат Линча

дующем. Края полукирпичей, взятых с конвейера, смачивают расплавленным металлом (точно состав сплава неизвестен, но главной составной частью его является алюминий) способом, показанным на рис. 103. Затем полукирпичи складываются металлизированными краями и образуют полный

* Схема производства стеклянных кирпичей записана со слов инж. М. Г. Черняка, который видел это производство в США.

кирпич (рис. 104). После спайки кирпичи поступают в лер на отжиг. По выходе из лера кирпичи подвергаются осмотру, после чего торцовые стороны их обмазываются специальным цементом. Упаковка производится в картонные коробки. Благодаря запайке полукирпичей в горячем состоянии после охлаждения во внутренней полости кирпича образуется разрежение, что улучшает его теплоизоляционные свойства.



Рис. 103. Металлизация краев полукирпича

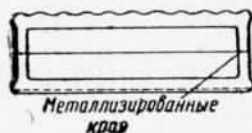


Рис. 104. Спайка полукирпичей

При постановке производства стеклянных кирпичей в СССР для их выработки может быть использован пресс-автомат ПАВ. Вопрос о способе спайки полукирпичей очевидно потребует предварительной проработки.

Половые плитки

Для половых плиток применяется цветное и бесцветное стекло.

В журнале „Гласс Технолоджи“⁷⁰ дается описание стеклянного пола с электрическим обогревом. Для кладки пола при-

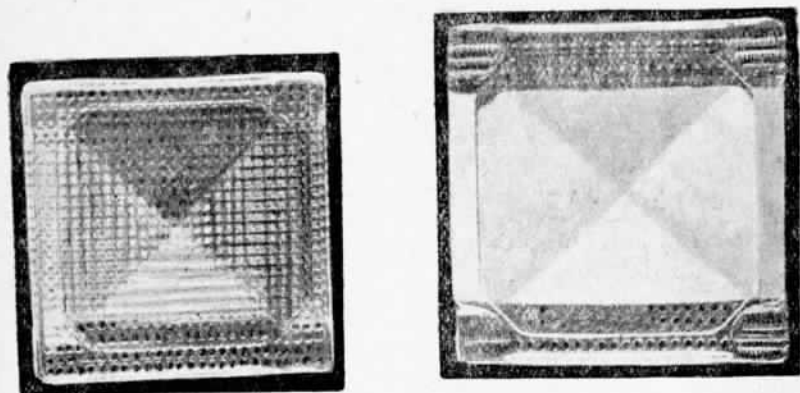


Рис. 105. Половые плитки

меняются стеклянные закаленные плитки размером $140 \times 140 \times 15$ мм. На рис. 105 показан внешний вид половых плиток. В качестве электросопротивления служит тонкий слой алюми-

ния шириной в 9 см, который наносится на нижнюю сторону плитки. На рис. 106 показана конструкция стеклянного пола. Контакт между отдельными плитками достигается прокладкой

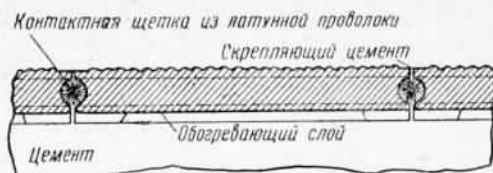


Рис. 106. Конструкция стеклянного пола

между ними латунных щеток. При температуре наружной поверхности плиток в 30° в комнате устанавливается температура в $18-20^{\circ}$. На площадь пола в 8 м^2 расходуется 1 квт электроэнергии.

На рис. 107 показана комната со стеклянным полом.



Рис. 107. Вид комнаты со стеклянным полом

Так как для полов применяются плитки небольших размеров, то их можно прессовать на ручных прессах, на автоматах ПАВ или „Пи-Би“.

Стеклянные крыши

Для стеклянных крыш и потолков применяются два вида стеклянных изделий: прессованные детали типа плиток Кеплера и зеркальное листовое закаленное стекло.

Фирмой „Сэмтор Пайт Ко“ рекламируется стеклянная крыша из закаленного стекла. Способ закрепления стекла в крыше показан на рис. 108. На полки тавровой балки 1 накладывается мастика 2, на которую кладутся листы закаленного стекла 3.

Сверху стекло заделывается бакалюмином 4, представляющим собой чистый битум, покрытый алюминием. Бакалюмин припаяется к стеклу и железу особым прибором ⁷¹.

Способ производства закаленного стекла описан выше.

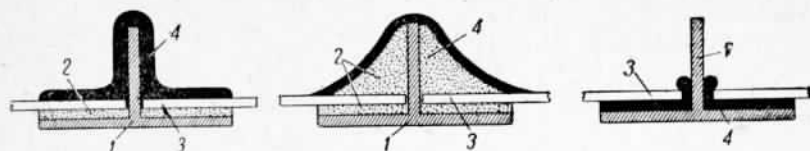


Рис. 108. Конструкция крыши из закаленного стекла

Стеклобетон и стекло-железобетон

Рациональное использование помещений с большой площадью зависит от их освещенности. Вопрос об освещении таких помещений естественным светом вызвал применение конструкции из стеклобетона или стекло-железобетона.

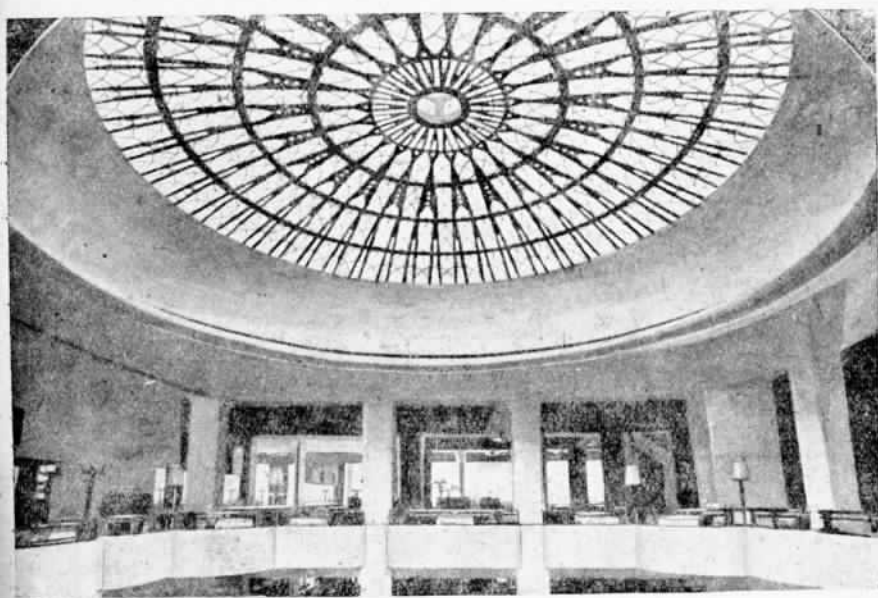


Рис. 109. Вид мозаичного стекло-железобетонного перекрытия

Стеклобетон или стекло-железобетон представляют собой комбинацию из стекла и бетона или железобетона.

В жесткую конструкцию железобетона вставляются стеклянные блоки, имеющие одинаковую с железобетонным перекрытием толщину. Вставка стекла производится перед заливкой

бетона. Такие перекрытия, обладая всеми свойствами железобетона, дают верхний свет без устройства фонарей.

В конструкции из стеклобетона и стекло-железобетона важнейшим элементом являются стеклянные блоки, плитки Кеплера или призматические плитки. За границей прессованные плитки для верхних перекрытий нашли применение 30—35 лет назад. В дальнейшем форма этих элементов усовершенствовалась, и в последнее время для светопропускаемых перекрытий инж. Дивори предложил призматические стеклянные блоки, которые благодаря особой форме и расположению граней свободно пропускают дневной свет внутрь помещения; при искусственном свете они отражают лучи обратно в направлении источника света⁶⁰.

Для стекло-железобетона могут применяться разноцветные стеклянные блоки различной формы. Такое мозаичное перекрытие представлено на рис. 109⁷².

Технологический процесс изготовления блоков в литературе не освещен, но, судя по размерам и форме блоков, они могут быть отпрессованы на ручных прессах и прессах-автоматах.

СТЕКЛО КАК ДЕКОРАТИВНЫЙ И АРХИТЕКТУРНЫЙ МАТЕРИАЛ

Облицовочные материалы

В качестве облицовочного материала применяются разноцветные стеклянные плитки.

Во Франции изготавливаются плитки следующих окрасок: опалин — белый, бледнозеленый, бледноголубой и кремовый. Применяется также мраморит красного цвета, красного цвета с коричневыми пятнами и розовато-лилового и черное стекло — марблит. Белый опалин употребляется для облицовки стен операционных зал и лабораторий и для отделки столов, этажерок и т. п. Опалин не поддается действию сырости и применяется для облицовки общественных уборных и для наружной облицовки магазинов, вид которых должен привлекать своей безукоризненной чистотой (молочные, рыбные магазины, аптеки и т. д.).

На рис. 110 показана ванная комната, облицованная стеклянными плитками размером 200×300 мм⁷³.

Составы стекол и способ выработки плиток освещены в литературе чрезвычайно слабо.

Мраморовидные плитки изготавливаются следующим образом. В ковш наливается молочное стекло и добавляется небольшое количество цветного стекла; производится размешивание стекла в ковше и затем стекло выливается на стол и прокатывается в лист. После отжига лист полируется и разрезается на отдельные плиты. Цветное стекло распределяется в молочном в виде прожилок, отчего оно делается похожим на мрамор.

В СССР облицовочные плитки вырабатываются на ручных прессах на заводе „Гусь-Хрустальный“. Варка стекла производится в непрерывно действующей ванной печи. Для выработки плиток используются отходы производства посудного стекла с небольшой добавкой специальной шихты. Одна бригада вырабатывает в смену около 2000 плиток. Отжиг плиток производится в тягуне.

Механизированное производство плиток в СССР еще не налажено, но можно с полной уверенностью сказать, что механизация выработки облицовочных плит вполне возможна. В Институте стекла произведен опыт прессовки плиток на реконструированном прессе ПАВ. Опыт показал, что пресс ПАВ вполне может быть приспособлен для выработки плиток. Пресс давал в минуту 15 шт. плиток; при круглосуточной работе производительность пресса составляет около 15 000 шт. плиток.

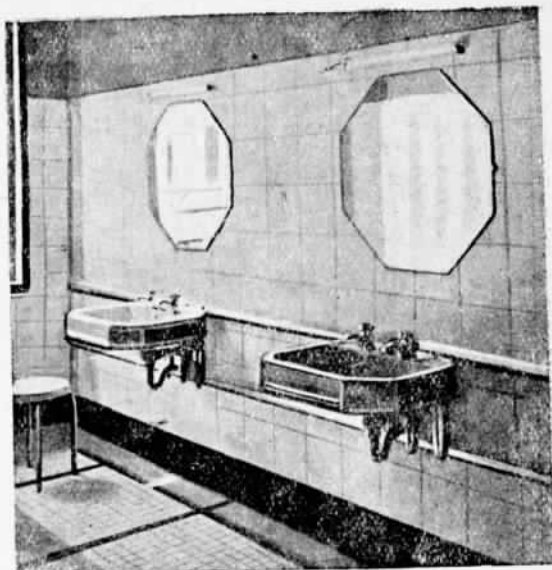


Рис. 110. Ванная комната, облицованная стеклянными плитками

Архитектурные детали

Американская фирма Корнинг вырабатывает стеклянные детали для архитектурной отделки зданий. Фирмой изготавливаются карнизы, капители и основания колонн, решетки, перила для лестниц и т. п. В Союзе архитектурные детали из стекла не вырабатываются.

СТЕКЛО ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ

На рис. 111 показаны отдельные модели стеклянной мебели⁷⁴. Стеклянная мебель во Франции изготавливается из закаленного стекла. Она очень прочна: чтобы ее разбить, требуется удар исключительной силы. Мебель монтируется при помощи зажимов и специальных шурупов. Стеклянная мебель рекомендуется для стадионов, бассейнов, ванных комнат, баров и т. п. Для изготовления мебели применяется прозрачное и глушеное стекло.

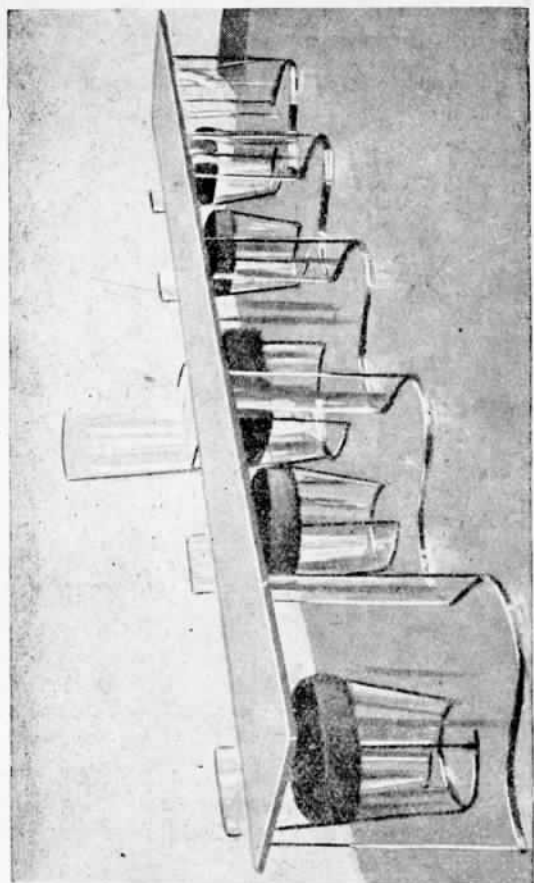
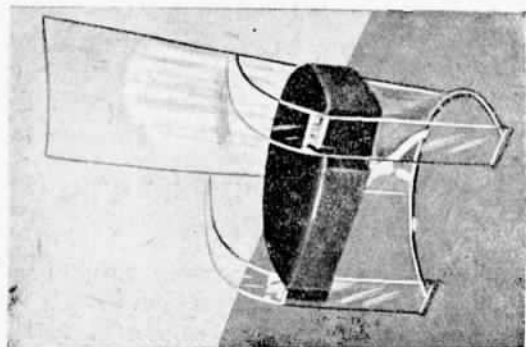


Рис. 11. Стеклянная мебель



На рис. 112 показан внешний вид витражного стекла, гравированного пескоструйным аппаратом⁷⁵, а на рис. 113—

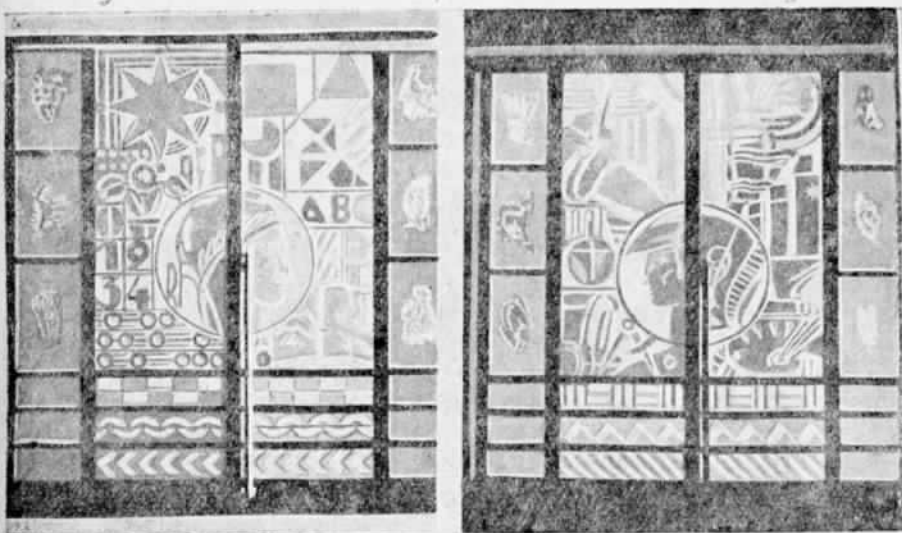


Рис. 112. Двери из гравированного стекла

стеклянный радиатор. Выше уже указывалось, что тонкий слой алюминия, нанесенный на стекло, может служить электросопротивлением. Полоски алюминия могут располагаться на стекле в виде узоров, что придает радиаторам более декоративный вид. Так как стекло в радиаторе подвергается сильному местному нагреванию, то для их изготовления применяется закаленное стекло секюрит. Радиатор монтируется из двух пластинок, причем алюминиевый слой обращен внутрь. Расстояние между пластинками устанавливается в 1 см. Такой радиатор потребляет около 1 квт электроэнергии. Температура наружной поверхности в самом горячем месте достигает $130^{\circ} 0,75$.

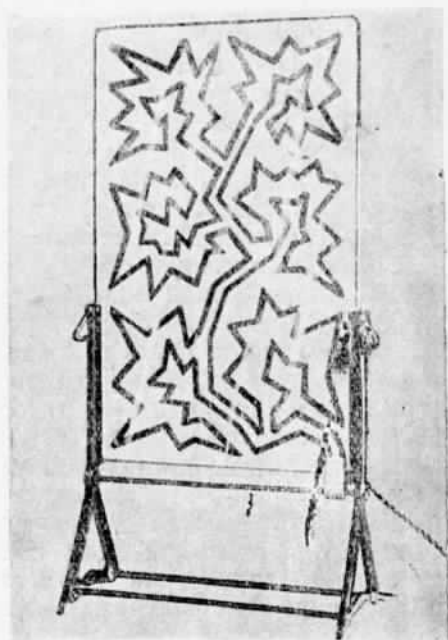


Рис. 113. Стекло́нный радиатор

ХИМИЧЕСКИ И ТЕРМИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫЕ СТЕКЛА

ХИМИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫЕ СТЕКЛА

Одним из самых важных свойств стекла является его способность сопротивляться воздействию разных химических веществ. Оконное, зеркальное и оптическое стекла подвергаются воздействию воздуха и находящихся в нем влаги и углекислоты, которые разлагают поверхностные слои стекла, отчего оно становится тусклым, а иногда совершенно матовым. В тарном стекле продолжительное время сохраняются всевозможные вещества, которые по своей природе могут быть нейтральными, кислыми или щелочными, и к тарному стеклу предъявляется требование — не разрушаться под действием хранящихся в нем веществ. Известно, что шампанское теряет свои вкусовые качества, если оно сохраняется в бутылках из неустойчивого стекла; многие лекарства также портятся при хранении их в склянках или ампулах, изготовленных из неустойчивого стекла. Точные химические анализы совершенно невозможно производить в посуде, которая подвергается разрушающему действию химических реактивов, применяемых при анализе, так как часть растворившегося стекла может исказить результаты анализа.

Однако нельзя изготовить стекло, которое будет одинаково устойчиво по отношению к воздействиям любой жидкости. Существуют стекла, которые хорошо сопротивляются воздействию кислот, но неустойчивы к щелочам, и наоборот. Например, стекло пирекс хорошо устойчиво по отношению к воде и кислотам, но неустойчиво по отношению к щелочам. На практике для лабораторной посуды стремятся подобрать такие стекла, которые были бы достаточно устойчивы как к кислотам, так и к щелочам.

Жидкость прежде всего воздействует на поверхностные слои стекла; при этом одни составные части стекла переходят в раствор, другие же нерастворившиеся в действующей на стекло жидкости частично входят в химическое взаимодействие с ней. Продукты взаимодействия стекла с жидкостью покрывают стекло тончайшей пленкой. В тех случаях, когда эта пленка плотна и нерастворима, стекло обнаруживает большую

химическую устойчивость. В тех же случаях, когда образуется пленка пористая или растворяющаяся в действующем реактиве, стекло оказывается мало химически устойчивым. Этим объясняется, почему химическая устойчивость зависит не только от состава стекла, но и от действующего на стекло вещества^{76,78}.

Установлено, что стекла с большим содержанием щелочей являются химически неустойчивыми, поэтому все химически устойчивые стекла изготавливаются с малым содержанием щелочей. Для сообщения такому стеклу легкоплавкости в шихту добавляют борный ангидрид B_2O_3 . Борного ангидрида следует вводить в стекло не более 11%, так как большее его количество понижает химическую устойчивость стекла. Окись циркония повышает химическую устойчивость стекла по отношению к воде, кислоте и щелочи. Однако применение ее в стекловарении пока ограничено вследствие высокой ее стоимости.

Введение в стекло окиси алюминия увеличивает химическую устойчивость стекла. Поэтому большинство химически устойчивых стекол содержит этот окисел.

Способы определения химической устойчивости

Чем больше время воздействия жидкости на стекло, тем больше оно разрушается. Поэтому химическая устойчивость стекла определяется скоростью, с которой поверхность его разрушается под действием химических реагентов. Химическая устойчивость стекла сильно зависит от температуры, и в каждом методе определения химической устойчивости должно быть указано как время воздействия реагента, так и температура.

Различают химическую устойчивость по отношению к воде, едким и углекислым щелочам и кислотам.

Условия, в которых определяется химическая устойчивость, должны соответствовать условиям практической службы изделия. Например для оконного стекла определяется устойчивость по отношению к воде и щелочам; для бутылочного стекла важна устойчивость по отношению к кислотам и щелочам; для ампульного стекла — по отношению к медикаментам и т. д.

По стандартному методу Германского стеклотехнического общества химическая устойчивость определяется по потере веса стекла после обработки его реагентом. Стекло разбивается в ступке и просеивается через два сита — с 144 и 400 *отв/см*². Для исследования берется стекло, прошедшее сквозь сито с 144 *отв/см*² и оставшееся на сите с 400 *отв/см*². С целью удаления стеклянной пыли, которая разрушается скорее, чем более крупные зерна, стекло после дробления промывается безводном спирте.

Из отмытого стекла берется навеска, которая отвечает весу *см*³ сплошного стекла. Навеска кипятится в 100 мл воды с обратным холодильником на хлоркальциевой бане в течение 5 час.,

после чего отфильтровывается и 75 мл фильтрата выпариваются досуха. Остаток высушивается при 150° и взвешивается.

Полученная величина пересчитывается на взятый объем стекла. Результаты определения выражаются в миллиграммах сухого остатка на 100 мл раствора. В табл. 30 указано количество сухого остатка для стекол разной химической устойчивости.

Таблица 30

Гидролитические классы	Сухой остаток (в мг на 100 мл раствора)
I. Не изменяемые водой стекла	0 — 10
II. Устойчивые стекла	10 — 15
III. Твердые аппаратные стекла	15 — 25
IV. Мягкие стекла	25 — 50
V. Неустойчивые стекла	Больше 50

По ускоренному методу Института стекла⁷⁶ химическая устойчивость стекла определяется по количеству растворившейся щелочи после обработки стекла реагентом. 2 г стеклянного порошка с величиной зерен в 0,3—0,49 мм всыпают в мерную колбочку на 50 мл и отмывают от пыли шестикратным декантированием холодной нейтральной водой. В колбу наливают воду до метки, нагревают в течение часа на кипящей водяной бане, охлаждают и снова доливают до метки; 25 мл раствора титруют 0,01N HCl. Результаты выражают в миллилитрах HCl, пошедший на титрование — нейтрализацию щелочи, перешедшей из стекла в раствор.

В табл. 31 указана зависимость между химической устойчивостью стекла и количеством израсходованной 0,01N HCl.

Таблица 31

Гидролитический класс	На титрование израсходовано 0,01N HCl (в мл)
I. Не изменяемые водой стекла	0,0 — 0,2
II. Устойчивые стекла	0,2 — 0,4
III. Твердые аппаратные стекла	0,4 — 1,7
IV. Мягкие стекла	1,7 — 4,0
V. Неустойчивые стекла	4,0 и более

Из таблицы видно, что чем больше израсходовано кислоты, тем больше из стекла выделилось щелочи и тем менее оно устойчиво.

Стекла для лабораторной посуды

Составы некоторых стекол для лабораторной посуды, вырабатываемой за границей, даны в табл. 32.

Таблица 32

Окисел	№ стекла							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Кремнекислота	77,0	79,1	66,4	75,9	64,7	64,7	67,3	80,62
Борный ангидрид	—	—	4,0	—	10,6	10,9	6,2	11,90
Оксид алюминия	—	—	2,4	0,14	4,2	4,2	2,5	2,0
» железа	—	—	—	0,09	—	0,25	0,23	0,16
» цинка	—	—	6,2	—	10,9	10,9	7,8	—
» кальция	10,3	7,6	—	8,7	0,6	0,63	0,79	0,22
» магния	—	—	5,2	0,17	—	0,21	3,4	0,23
» натрия	5,0	6,4	15,6	7,1	7,8	7,5	10,9	3,83
» калия	7,7	6,7	—	7,9	0,3	0,37	0,3	0,61
Серный ангидрид	—	—	—	0,2	—	—	—	—
Трехокись мышьяка	—	—	—	—	—	0,14	Следы	0,66
» сурьмы	—	—	—	—	—	—	0,62	—

В одном из трудов проф. Китайгородского и Куровской ⁷⁷ приведены различные составы стекол для лабораторной посуды, которые представлены в табл. 33.

Как видно из двух приведенных таблиц, большинство лабораторных стекол содержит мало щелочей и большое количество борного ангидрида.

Почти все стекла содержат оксид алюминия.

Китайгородский и Куровская исследовали химическую и термическую устойчивость различных стекол для лабораторной посуды. В табл. 34 даны составы исследованных ими стекол, а на рис. 114 — их химическая устойчивость.

Лучшей устойчивостью по отношению к воде, кислоте и щелочи обладает стекло „Иена 20“. Стекло пирекс хотя и содержит наименьшее количество щелочей, но обладает меньшей химической устойчивостью, чем стекла „Иена 20“ и № 846-а. Особенно мало устойчиво стекло пирекс к действию щелочей.

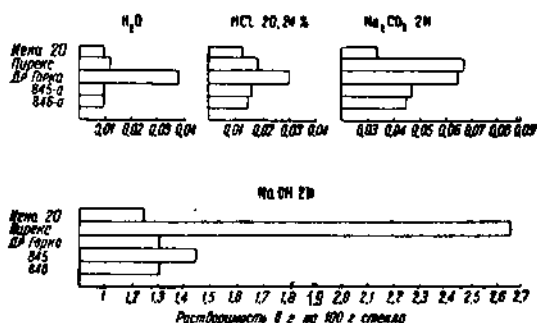


Рис. 114. Сравнительная химическая устойчивость стекол разного состава

Составные части стекла	Наименование фирмы или завода													
	Буд Брос	Пакес Кавольер	Чанс-Брос	Резиста 1913 г.	Мена, 1920 г.	Дурозия	Трекинер и Фриамас	Лирекс Коринта	Фрай	Либей	Касалер	M. E. L.	Дружная горка № 23	Новосель
Кремнекислота	60,35	74,52	71,2	81,4	74,5	72,28	74,13	81,0	68,6	75,9	75,9	73,0	69,47	67,3
Борный ангидрид	9,15	5,69	12,0	10,6	4,6	12,59	—	11,8	8,1	10,8	—	3,6	2,75	6,2
Трехокись сурьмы	—	—	3,4	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	—	0,62
Окись алюминия	7,75	0,64	3,5	2,0	8,5	4,22	3,96	1,66	2,7	2,1	0,14	1,0	4,88	2,5
» железа	—	0,04	0,15	—	—	0,16	0,32	0,24	0,22	0,44	0,08	0,35	—	0,23
» кальция	5,05	7,9	1,3	0,7	0,8	0,54	6,65	0,3	2,6	0,42	8,7	0,66	8,16	0,79
» магния	0,8	следы	—	—	0,1	0,14	0,14	—	2,6	0,08	0,17	4,3	—	3,4
» цинка	5,25	0,32	—	—	—	3,3	—	—	—	1,0	—	5,6	—	7,8
» натрия	8,8	1,1	8,6	4,4	7,7	5,0	13,0	3,24	9,8	8,2	7,1	10,8	8,76	10,9
» калия	2,8	10,04	—	1,1	—	1,42	2,0	1,8	1,5	0,67	7,9	0,3	5,63	0,3

Т а б л и ц а 34

Составные части стекла	Иена 20	Пирекс	"Друж- ная горка"	№ 845-а	№ 846-а
Кремнекислота	75,3	80,89	67,91	73,56	73,87
Борный ангидрид	7,6	11,19	2,43	5,0	2,74
Оксид алюминия	6,2	2,03	3,97	4,0	4,25
» железа	1,1	0,13	0,03	0,21	0,17
» кальция	—	—	9,0	5,9	5,96
» магния	3,5	—	—	3,8	3,67
» бария	—	—	—	—	—
» цинка	—	As_2O_3 0,52	—	—	—
» натрия	5,7	4,51	9,51	7,45	9,38
» калия	0,8	0,67	7,06	—	—

Введение большого количества борного ангидрида вызывает уменьшение химической устойчивости стекла.

В табл. 35 показана сравнительная термическая устойчивость стаканов, изготовленных из стекол указанного состава.

Т а б л и ц а 35

Наименование стекла	Предельная разность температуры, которую выдерживали стаканы (в °С)	Количество испытанных образцов
Пирекс	250	2
Иена 20	210	4
"Дружная горка" № 23	135	4
№ 845-а	175	4
№ 846-а	160	4

Стекло пирекс, уступая другим стеклам в химической устойчивости, обладает наибольшей термической устойчивостью.

Для увеличения термической устойчивости лабораторная посуда делается тонкостенной.

Ампульное стекло

Выше указывалось, что щелочи, выделяемые стеклом, портят хранящиеся в сосудах лекарства. Особенно чувствительны к щелочам алкалоиды: морфинхлоргидрат, апоморфин, пантонон, наркотинхлоргидрат, стрихнинхлоргидрат, сублимат и др. Щелочные соли этих соединений плохо растворимы. При хранении медикаментов в неустойчивом стекле выделившиеся из стекла

щелочи вступают во взаимодействие с алкалоидами, образуя соли, которые, будучи нерастворимыми, выпадают в виде кристаллических или хлопьевидных осадков, что изменяет состав наполнителя и нарушает предписанную рецептом дозировку медикамента. Игла шприца набирает при этом раствор меньшей концентрации; кроме того в отверстие иглы могут пройти также и выделенные кристаллы. Твердые ядовитые алкалоиды поступают в кровеносные сосуды и вызывают там сильные местные раздражения. Поэтому все инъекционные растворы должны храниться в сосудах, практически не отдающих щелочей ⁷⁹.

Составы ампульных стекол приведены в табл. 36 ⁸⁰.

Таблица 36

Составные части стекла	Мурано	Фиолакс	Иенское	Нейтральное Крюковского завода
Кремнекислота	74,7	66,6	67,8	72,5
Борный ангидрид	5,0	6,0	8,0	6,0
Оксид алюминия	7,3	10,9	11,6	4,0
» железа	0,25	0,3	—	—
» кальция	3,0	8,1	5,2	7,0
» натрия	} 9,73	9,1	5,2	10,5
» калия				

Выяснено, что введение окиси цинка в ампульное стекло нежелательно.

Существует большое количество методов испытания ампул.

Наиболее простым является наблюдение за поведением медикаментов, хранящихся в ампулах: медикамент не должен изменять своего цвета и давать осадков. Например раствор морфина не должен давать окрашивания вовсе или давать лишь весьма слабожелтое окрашивание; раствор нитрострихнина не должен давать осадков и т. п. ^{81,82}.

Наиболее распространенный способ испытания состоит в следующем. Ампулы наполняются раствором фенолфталеина (2 — 3 капли фенолфталеина на 100 мл воды) и помещаются в автоклав, где они выдерживаются в течение 2 час. при температуре 120° (по некоторым методам ампулы просто выдерживаются в кипящей воде). Если стекло неустойчиво, то выделившееся в раствор щелочи, взаимодействуя с фенолфталеином, окрашивают раствор в розовый цвет. При устойчивом стекле окрашивания раствора не происходит ⁸³.

Ампульные стекла, не взаимодействующие с медикаментами, получили название нейтральных стекол.

Стекла мурано, фиолакс и иенское вполне удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ампульному стеклу; стекла Крю-

ковского завода к некоторым медикаментам являются не вполне нейтральными.

В СССР ампулы изготавливаются вручную и на автоматических машинах „Амбега“.

Как ручным, так и автоматическим способом ампулы изготавливаются из трубок, которые вырабатываются вручную или на машинах конструкции Королева.

Внешний вид ампульной машины „Амбега“ показан на рис. 115. Машина имеет восемь расположенных по кругу рабочих мест. Каждое рабочее место в основном состоит из верхнего зажимного патрона 1 (рис. 116), нижнего зажимного патрона 2, горелок 3, служащих для изготовления шейки ампулы, и горелок 4, служащих для запайки дна ампулы.

Процесс изготовления ампул на машине „Амбега“ происходит по следующей схеме.

В верхний патрон зажимается стеклянная трубка 5. В положении 1 зажигается горелка 3 (зажигание производится непрерывно действующей горелкой 6). Нижний патрон поднимается по профилированному рельсу 12 и укрепляется на особом устройстве, которое опирается на штангу 10 и ролик 11; последний при вращении машины передвигается по профилированному рельсу и зажимает конец трубки. Верхний и нижний патроны вращаются с одинаковым числом оборотов. В положении IV разогревание трубки прекращается, горелка 3 автоматически выключается, нижний патрон опускается и вытягивает разогретое место трубки в шейку (положение V); в этот момент включаются горелки 4, дающие острое пламя, они переплавляют шейку (положение VI). Нижний патрон снова опускается, шейка ампулы отделяется от дна (положение VII). Горелка 7 действует непрерывно и служит для зажигания горелки 4. При прохождении из положения VI в положение VII происходит окончательная запайка дна ампулы. В промежутке между положениями VII и VIII

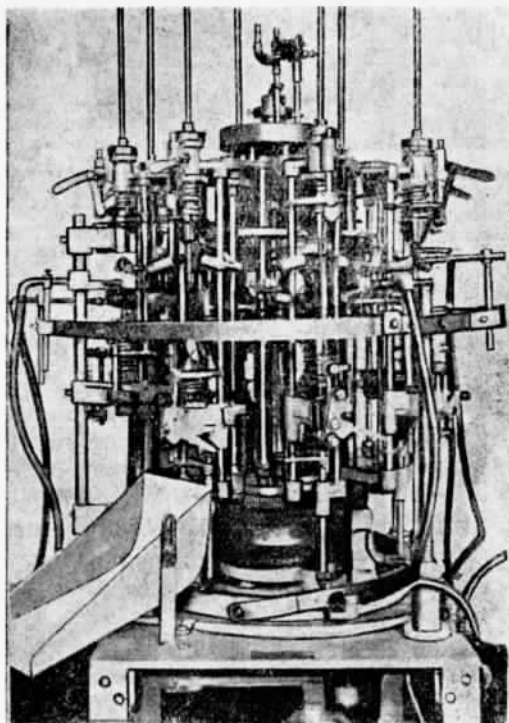


Рис. 115. Общий вид машины „Амбега“

происходит раскрытие нижнего патрона, и готовая ампула выпадает в лоток 8. Первая ампула получается с открытым дном, а все последующие — с запаянным. В положении VII открывается верхний патрон, и трубка с запаянным дном падает на

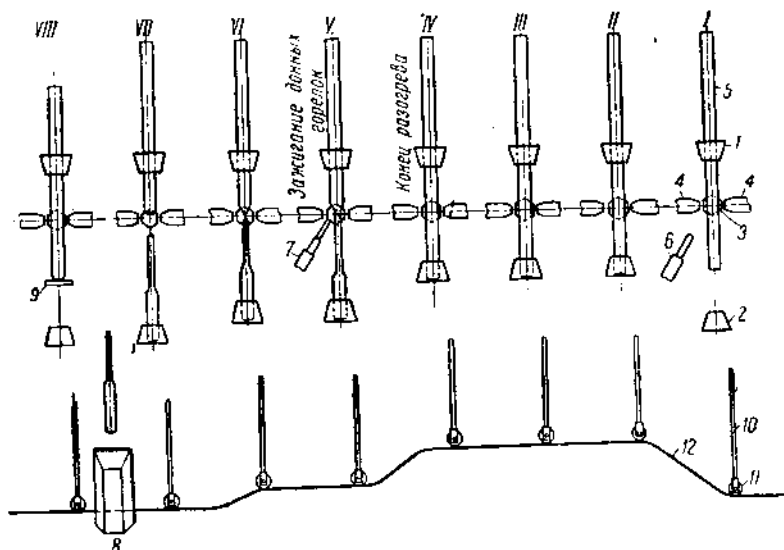


Рис. 116. Схема производства ампул на машине „Амбега“

площадку 9, от расположения которой зависит длина ампулы. Затем верхний патрон зажимается и трубка перемещается в положение I, — цикл повторяется.

ТЕРМИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫЕ СТЕКЛА

Наравне с химической устойчивостью стекло должно обладать и термической устойчивостью. Стекланный предмет ломается при нагревании или охлаждении из-за появляющихся в нем напряжений. При нагревании стекла наружные слои его расширяются, внутренние же вследствие плохой теплопроводности стекла остаются некоторое время холодными и сохраняют свои размеры. Между расширяющимися наружными и внутренними слоями возникают напряжения. Если величина этих напряжений превысит прочность стекла, то стеклянное изделие растрескивается.

При быстром нагревании стекло выдерживает значительно большую разницу в температуре, чем при быстром охлаждении. Это объясняется следующим. При нагревании наружные слои стекла как бы стягиваются внутренними, более холодными слоями, в результате чего наружные слои оказываются сжатыми. Обратная картина получается при охлаждении: в этом случае наружные слои оказываются растянутыми. Так как сопротивление

ние стекла на разрыв гораздо меньше, чем сопротивление на сжатие, стекло при охлаждении выдерживает меньшую разность температуры, чем при нагревании. Насколько велика эта разница, видно из следующего примера. Стекланный кубик со стороной 2 см, имеющий температуру 15°, будучи погружен в расплавленный цинк с температурой 480°, не растрескивается. Но этот же кубик растрескивается при охлаждении при разности температур в 52,8°.

Термическая устойчивость зависит от многих других свойств стекла. Она тем больше,

чем больше сопротивление на разрыв P ,

чем меньше коэффициент расширения α ,

чем больше модуль упругости E ,

чем больше теплопроводность k ,

чем меньше теплоемкость c ,

чем меньше удельный вес стекла d .

Термический коэффициент сопротивления выражается формулой:

$$F = \frac{P}{\alpha E} \sqrt{\frac{k}{dc}}.$$

Толстостенные изделия менее термически устойчивы, чем тонкостенные.

Наибольшее значение для термической устойчивости имеет коэффициент расширения: чем он меньше, тем больше термическая устойчивость стекла. Коэффициент расширения зависит от состава стекла. Щелочи — окись натрия и окись калия — сильно увеличивают коэффициент расширения; поэтому все термически устойчивые стекла должны содержать возможно меньшее количество щелочей. Кремнекислота, борный ангидрид и окись магния уменьшают коэффициент расширения; поэтому большинство термически устойчивых стекол содержит от 80 до 90% кремнекислоты и борного ангидрида.

Определение термической устойчивости производится следующим образом.

Изделие нагревается до определенной температуры и опускается в холодную воду. Обычно испытание начинают с небольшой разности температур, увеличивая ее на 10° для каждого последующего опыта. Испытание производится до тех пор, пока изделие не треснет. Чем больше разность между температурой, до которой изделие нагревается, и температурой холодной воды, тем больше термическая устойчивость стекла.

Кварцевое стекло

Идеальным термически устойчивым стеклом является кварцевое стекло (по химическому составу — почти чистый кремнезем). Изделия из кварцевого стекла можно нагревать до белого каления, а затем опускать в холодную воду без какого-либо ущерба для изделия.

Высокая термическая устойчивость кварцевого стекла объясняется его малым коэффициентом расширения, который в 25 раз меньше коэффициента расширения обычного стекла.

Клингеры и водомерные трубки

Для определения уровня воды в паровых котлах применяются водомерные трубки и клингеры. Клингеры позволяют лучше определять уровень воды, более надежны в работе и могут работать на более высоких давлениях. Поэтому водомерные трубки на большинстве установок заменяются клингерными.

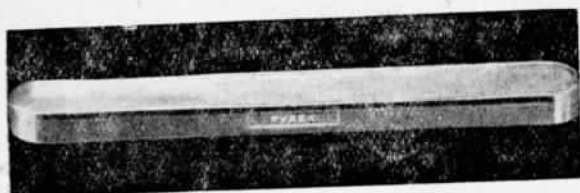


Рис. 117. Клингер

На рис. 117 показан внешний вид клингера. Одна из сторон клингера полируется, на другую наносится ряд продольных призмочек.

Этой стороной клингер соприкасается с водой и паром. Благодаря призмочкам часть клингера, расположенная над водой, отражает падающий на нее свет и имеет серебристый блеск, который находится в резком контрасте с темной поверхностью части клингера, расположенной ниже уровня воды.

Клингеры и водомерные трубки подвергаются воздействию воды при высокой температуре и высоком давлении; поэтому стекла для их изготовления должны обладать химической устойчивостью. При смене клингеров и трубок происходит быстрое их нагревание, а поэтому стекло, из которого они изготовлены, должно быть термически устойчивым.

В табл. 37⁸⁴ приведены составы стекол для водомерных трубок.

Таблица 37

Составные части стекла	Завода „Дружная горка“	Загра- ничное	Загра- ничное	Дуракс
Кремнекислота	74,5	66,0	74,0	81,0
Борный ангидрид	9,0	8,0	8,0	11,0
Оксид алюминия	4,0	11,0	11,0	1,0
» кальция	0,5	6,0	3,0	1,0
» магния	1,94	—	—	—
» цинка	—	—	—	1,0
» натрия	8,89	8,0	4,0	3,0
» калия	0,76	1,0	—	1,0
Трехокись мышьяка	0,20	—	—	—

Ниже приведен состав шихты для варки водомерного стекла (завод „Дружная горка“) (в весовых частях).

Песка	71,85	Селитры	2,0
Каолина	8,15	Соды	6,8
Магнезита	3,80	Поташа	1,13
Буры (100%-ной)	13,7	Мышьяка	0,25

Температура выработки этого стекла — 1350°.

Трубки завода „Дружная горка“ с толщиной стенок в 2,5 — 3,5 мм при давлении пара в котле в 30 атм. выдерживают службу около 150 час.

Составы стекол клингер в зависимости от давления, при котором они работают, представлены в табл. 38.

Таблица 38

Рабочее давление (в атм.)	Степень давления	Составные части стекла								
		Кремнекислота	Оксид алюминия	Оксид железа	Оксид кальция	Оксид цинка	Оксид магния	Оксид натрия	Оксид калия	Борный ангидрид
0—20	Низкое	75,0	0,4	0,1	12,5	—	0,1	11,2	—	—
20—35	Среднее	76	2,0	0,05	8,0	—	0,1	4,0	1,5	7,6
35—60	Высокое	80	2,3	0,05	0,9	—	0,1	4,5	—	11,8
60 и выше	Сверхвысокое	82	1,0	—	—	2,0	0,1	2,7	2,7	12,0
										0,6
										0,3
										0,25
										0,15

В Союзе клингеры на высокое давление вырабатываются Константиновским заводом из стекла пирекс.

Состав стекла пирекс и состав шихты для варки этого стекла следующие:

Состав стекла (в %)		Состав шихты (в кг)	
Кремнекислоты	79,54	Песка	165,0
Оксид алюминия	1,91	Глинозема	4,1
» железа	0,09	Борной кислоты	44,5
» кальция	0,92	Селитры	12,6
Борного ангидрида	11,89	Сульфита	7,4
Оксид магния	0,28	Соли поваренной	3,1
» натрия и калия	5,04	Мышьяка	3,1
Сернистого ангидрида	0,33		

В табл. 39 приведен состав стекла пирекс завода Корнинг.

Составные части стекла	№ стекла	
	1	2
Кремнекислота	80,5	81,07
Борный ангидрид	11,8	11,8
Трехокись мышьяка	0,7	—
Оксид алюминия	2,0	1,66
» железа	0,3	0,24
» кальция	0,3	0,35
» магния	0,1	—
» калия	0,2	1,8
» натрия	4,4	3,24

Варка стекла пирекс производилась на Константиновском заводе в горшковой печи с газовым отоплением⁸⁴. В настоящее время варка стекла пирекс производится в небольшой ванной печи периодического действия. Сведения о варке стекла пирекс

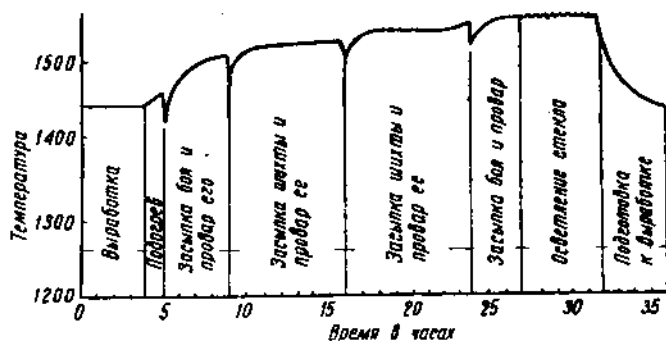


Рис. 118. Режим варки стекла пирекс

для клингеров в ванной печи еще не опубликованы, и поэтому приводятся только данные о варке этого стекла в горшковой печи.

Режим одной из варок показан на рис. 118. Варка производится при температуре 1550°, выработка — при температуре 1450°.

Вырабатываются клингеры прессовкой на ручных прессах.

После прессовки клингеры не отжигаются, а откладываются на металлическую сетку, где они постепенно охлаждаются. Холодный воздух свободно омывает клингеры, лежащие на сетке, и закаляет их. Процесс закалки до известной степени сходен с процессом закалки стекла сталинит (секюрит). Обдувка клингера воздухом происходит менее интенсивно; поэтому степень закалки клингера слабее закалки сталинита.

Пороки стекла—камень, рух, непровар, грубая свиль—являются причинами растрескивания клингеров при охлаждении. Особенно вредно наличие этих пороков в центральном растянутом слое клингера, так как они вызывают дополнительные напряжения, приводящие к разрушению стекла.

Для более плотного прилегания клингера в арматуре парового котла и для лучшей видимости плоская сторона клингера подвергается шлифовке и полировке на тех же столах, на которых производится шлифовка и полировка зеркального стекла. Противоположная сторона только шлифуется.

Технические условия на клингеры

1. Наружная плоская поверхность клингеров должна быть хорошо отполирована, противоположная сторона должна быть шлифованной. Поверхность призматических рисков должна быть чистой, ровной и прозрачной. Риски должны иметь острые грани; вмятины не допускаются.

2. Отклонение как полированной, так и шлифованной поверхностей от плоскости не должно превышать 0,5 мм.

3. Неравномерность клингеров по длине и ширине не должна превышать 1 мм.

4. В клингерах не допускаются: заколы, камни размером более 0,5 мм, ямки размером более 10 мм, пузырьки диаметром более 5 мм и складки, расположенные поперек рисков.

Мелкие пузырьки и свиль допускаются, если присутствие этих пороков не будет сказываться на понижении видимости.

5. Клингеры должны выдерживать мгновенное изменение температуры в 200°.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рейс и Симон, Листовое стекло, Гизлегпром, 1937.
2. Дралле, Производство стекла, т. I, ч. 2, Продамсилкат, 1928.
3. Николардот, Производство безосколочных стекол, «Ceramique et Verrieres» 1932.
4. Гельмут и Мартенс, Способы производства безосколочного стекла, «Sprechsaal» № 2, стр. 19 — 22, 1933.
5. Амосов, Безосколочное стекло триплекс, Укргизлегпром, 1933.
6. Швальбе, Как Форд делает свое стекло, «Glas Industry» № 2, 1938.
7. Без автора, Как делается и испытывается плексит, «Glas Industry» № 3, стр. 83 — 88, 1938.
8. Пуш, Свойство и изготовление стекол, не пробиваемых пулями, «Sprechsaal», т. 69, № 23, стр. 328, 1936.
9. БоденбENDER, Безопасное стекло, Cernisch-technischer Verlag.
10. Райс, Закалка стекла, «Revue Belge des Industries verrieres Ceramiques et de Emaillerie», IV, № 9, стр. 194 — 199, 1933.
11. Бондарев, Прочность закаленного стекла сталинит, «Стекольная промышленность» № 7, 1938.
12. Английский патент № 28551, «Glass» № 8, 1934.
13. Английский патент № 20214, «Glass» № 5, 1936.
14. Руга, Стекло повышенной прочности сталинит, «Бюллетень Техстрой-стеклофарфор» № 2, 1936.
15. Бромлей И. В., Изучение условий получения стекла типа «секюрит», Технический отчет по теме № 21, 1936 (Институт стекла).
16. Царицын и Леошнянская, Закалка полых изделий, Технический отчет по теме № 17, 1937 (Институт стекла).
17. Петров и Гамбург, Однослойное безопасное стекло, «Керамика и стекло» № 9, 1935.
18. R. L., Закаленное стекло, «Glaces et verres» № 49, стр. 7, 1937.
19. Дралле, Производство стекла, т. I, ч. 2, Продамсилкат, 1929.
20. Одкин и Коузен, Руководство по стеклodelию, Гостехиздат, 1931.
21. Хвольсон, Курс физики (дополнительный том), Госиздат, 19.6.
22. Сандерс, Общая физика, стр. 452, ОНТИ, 1934.
23. Варгин, Цветные стекла, ОНТИ, 1934.
24. Богуславский и Свешников, Стекла «голофан» и перспективы их применения в СССР, «Керамика и стекло» № 2, 1937.
25. Арулин, К вопросу об организации производства советского голофана, «Бюллетень Техстрой-стеклофарфор», октябрь, 1936.
26. Рид и Иэтес, Опаловые стекла, «Journ. Soc. Glass Techn.», стр. 274, 1926.
27. Без автора, К вопросу о глушении стекол, «Revue Belge», IV, № 2, 1933.
28. Райди Купер, Теория и спецификация опаловых рассеивающих стекол, «Journ. Soc. Glass Techn.», декабрь, 1932.
29. Инглиш, Опаловое стекло, «The Illuminating Engineer», стр. 4 — 8, январь 1933.
30. Китайгородский и научные сотрудники Института стекла, Крашение и глушение стекла, ОНТИ, 1935.
31. Сборник «Der praktische Glasschmelzer, Glashutte, 1928.

32. Патридж, Устойчивые стекла для новых электрических разрядных ламп, «*Journ. Soc. Glass Techn.*», 76, стр. 266, 1936.
33. Царицын и Черняк, Производство фарных и сигнальных стекол, «*Керамика и стекло*» № 11, 1936.
34. Варгин, Производство селенового рубина, «*Керамика и стекло*» № 1, 1937.
35. Китайгородский, Организация производства линз Френеля в СССР, «*Керамика и стекло*» № 4, 1933.
36. Завьянов и Минкин, Производство линз Френеля на заводе им. ЗКДО, «*Керамика и стекло*» № 4, 1933.
37. Бреховских, Вирка селенового рубина в многогоршковых печах, «*Керамика и стекло*» № 4, 1938.
38. Руксбай, Окрашивание селеновых рубиновых стекол, «*Journ. Soc. Glass Techn.*» № 62, стр. 171 — 179, 1932.
39. Бреховских, Опыт производства светорассеивающего стекла, «*Бюллетень Тхестройстеклафарфор*» № 8, 1936.
40. Озолинг и Момма, Светофорная сигнализация, Огиз, 1931.
41. Розе, Стекла, пропускающие ультрафиолетовые лучи, «*Sprechsaal*» № 19, 20, 21, 1929.
42. Геге и Тейлор, Стекла, пропускающие только ультрафиолетовые лучи, «*Journ. Soc. Glass Techn.*», стр. 136A, 1920.
43. Демкина, Цветные стекла Изюмского завода, «*Журнал технической физики*», т. VI, вып. 3, 1936.
44. Гельгоф и Томас, Зависимость светопоглощения стекол от их состава, «*Zeltisch. fur Technishe Physik*» № 8, 1930.
45. Левитская, Инфракрасные лучи, изд. Акад. наук, 1935.
46. Без автора, Невидимые лучи в военном деле, «*Радиофронт*» № 15, 1931.
47. Лонг, Физические свойства и варка стекла, Гизлегпром, 1938.
48. Соломин, Применение закиси марганца при варке стекла, «*Керамика и стекло*» № 3, 1932.
49. Тейлор и Фелпс, Стекло, пропускающее инфракрасные лучи, «*Journ. Soc. Glass Techn.*», стр. 101A, 1925.
50. Чторыки и Фандерлик, О стеклах, поглощающих тепловые лучи, «*Керамика и стекло*» № 2, 1938.
51. Крукс, Производство стекол для защитных очков, «*Journ. Soc. Glass Techn.*», стр. 6A, 1923.
52. Гоштеттер и Робертс, Заметки о диссоциации окиси железа, растворенной в стекле, и ее действие на окрашивание стекла, «*Journ. Soc. Glass Techn.*», стр. 8A, 1922.
53. Андерсен Крафт, Физические исследования стекол, содержащих окислы железа, «*Glastechn. Ber.*» № 11, 1936.
54. Без автора, Стекло дневного света, «*Sprechsaal*» № 58, стр. 173, 1926.
55. Федоров, Современное состояние колориметрии, ГТТИ, 1933.
56. Черняк и Асланова, Опыт производства стеклянной ваты из расплавленной стекломассы, «*Керамика и стекло*» № 4, 1938.
57. Pazistiezky, Производство, процесс и применение стеклянного волокна, «*The Glass Industry*» № 1, стр. 17 — 20, 1937.
58. Без автора, Физическая характеристика и свойства стеклянных тканей, «*National Glass Budget*» № 48, стр. 4 — 9, 1937.
59. Без автора, Стеклянное волокно — новая отрасль промышленности, «*Ceramik Industry*» № 4, стр. 248, 1936.
60. Без автора, Новое стекло термолукс, «*Seklareke Kozhledy*» № 9, 1936.
61. Патент № 14729, Производство стеклянных нитей, «*Glass*» № 7, стр. 302, 1938.
62. Патент № 17336, Производство стеклянных нитей, «*Glass*» № 7, стр. 303, 1938.
63. Патент № 6705, Стеклянная вата, «*Glass*» № 9, стр. 405, 1935.
64. Патент № 36141, Производство стеклянных нитей, «*Glass*» № 9, стр. 405, 1935.
65. Без автора, Стеклянные нити, «*Glass Industry*» № 11, 1937.
66. «Архитектура за рубежом» № 6, 1936.

67. Лонг, Стекланные полые кирпичи и их свойства, «Verre et silicates Industries» № 1, стр. 2, 1938.
68. Без автора, Стекло на Парижской выставке, «Glass Industry» № 4, стр. 140, 1938.
69. Без автора, Производство блоков на заводе фирмы «Питсбург-Корнинг», «Glass Industry», февраль, 1938.
70. Лонг, Прилипание алюминия к стеклу и его техническое применение, «Journ. Soc. Glass Techn.» № 86, 1937.
71. Без автора, Пластичные битуминозные массы (производство и применение), «Glaces et verres» № 38, стр. 4 — 12, 1934.
72. Без автора, Отделка ресторанов, «Glaces et verres» № 48, стр. 9, 1936.
73. Без автора, Применение стекла при украшении магазинов, «Glaces et verres» № 41, стр. 13, 1934.
74. М. Д., Стекланная мебель из закаленного стекла, «Glaces et verres» № 53, стр. 11, 1937.
75. Без автора, Электрические радиаторы из стекла секюрит, «Glaces et verres» № 46, стр. 6 — 8, 1936.
76. Голба, Выветривание стекла, Гизлегпром, 1938.
77. Кита й городский и Куровская, Химическое устойчивое стекло для лабораторной посуды, Гостехиздат, 1930.
78. Варгин, Евстропьев, Кракау, Прок, Стожаров, Физико-химические свойства стекла и их зависимость от его состава, Гизлегпром, 1937.
79. Кнапп, Испытание ампул, «Keramische Rundschau» № 51 и 52, 1937.
80. Терол, Состав и испытание ампульных стекол, «Glastechn. Ber.» № 2, стр. 81 — 87, 1930.
81. Без автора, Рекомендуемые стандартные методы испытания ампульных стекол, «Journ. Soc. Glass Techn.» № 59, стр. 59 — 70, 1931.
82. Кроевер, Требования, предъявляемые к ампульным стеклам, «Glastechn. Ber.» № 3, стр. 100, 1925.
83. Маури, Поведение ампульных стекол при испытании в автоклаве, «Glastechn. Ber.» № 12, стр. 465 — 466, 1925/26.
84. Ванин, Производство водомерных стекол, «Керамика и стекло» № 9, 1937.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	—
Глава I. Безопасные стекла	
Армированное стекло	6
Производство армированного стекла на литейных столах	7
Вальцовочные машины для прокатки армированного стекла	10
Непрерывный способ производства армированного стекла	11
Технические условия на армированное стекло	15
Стекло триплекс	—
Производство стекла триплекс	17
Производство стекла триплекс с целлюлоидной прокладкой	19
Производство стекла триплекс с ацетилцеллюлозной прокладкой	23
Производство стекла триплекс с невымсыхающей прослойкой (плексит)	31
Производство стекла триплекс, не пробиваемого пулями	34
Свойства стекла триплекс	35
Стекло сталинит (секюрит)	36
Процесс заклки стекла и свойства заклного стекла	37
Производство стекла сталинит (секюрит)	41
Закалка полых изделий	47
Свойства стекол сталинит	49
Глава II. Светотехнические стекла	
Оптические свойства стекла	52
Прозрачность и пропускаемость	—
Преломление лучей	53
Избирательное светопоглощение	54
Рассеяние света	47
Отдельные виды светотехнических стекол	59
Голофан	—
Глушеное (молочное) стекло для осветительной арматуры и электроламп	61
Состав и производство глушеных стекол	62
Режим варки глушеного стекла	64
Светотехнические свойства глушеных рассеивающих стекол	65
Тугоплавкие стекла для электроламп	66
Автомобильные стекла	67
Фарное стекло	—
Сигнальное стекло «стоп»	70
Опаловое стекло для подфарников и плафонов для внутреннего освещения автомобиля	76
Линзы Френеля для железнодорожной сигнализации	77
Состав стекол для линз Френеля и режим варки	80
Основные технические нормы для линз Френеля	83
Увioletовые стекла	—
Состав увioletового стекла и режим его варки	87
Черное увioletовое стекло	89

	<i>Стр.</i>
Стекла, пропускающие инфракрасные лучи	91
Состав и режим варки стекол, пропускающих инфракрасные лучи	94
Защитные стекла	96
Бесцветные стекла, защищающие от ультрафиолетовых лучей	97
Стекло, защищающее от тепловых лучей	100
Стекло дневного света	103

Глава III. Стеклоплатовая вата, стекловатное волокно и изделия из них

Свойства и области применения стекловатной ваты, стекловатного волокна и изделий из них	109
Производство стекловатной ваты	112
Производство ваты наматыванием на барабан	—
Производство ваты раздуванием стекла	113
Производство стекловатной пряжи и стекловатных тканей	116

Глава IV. Строительное и декоративное стекло

Стеклоплатовые детали для постройки основных частей здания	119
Стеклоплатовые кирпичи (блоки)	—
Полосовые плитки	123
Стеклоплатовые крыши	124
Стеклобетон и стекло-железобетон	125
Стекло как декоративный и архитектурный материал	126
Облицовочные материалы	—
Архитектурные детали	127
Стекло для внутреннего оборудования помещения	—

Глава V. Химически и термически устойчивые стекла

Химически устойчивые стекла	130
Способы определения химической устойчивости	131
Стекла для лабораторной посуды	133
Ампульное стекло	135
Термически устойчивые стекла	138
Кварцевое стекло	139
Клингеры и водомерные трубки	140
Технические условия на клингеры	143
Список использованной литературы	144



0-52 нон

Цена 5 р. 20 к.

-155062-

V

